

108-130-0290

出國報告（出國類別：開會）

出席「第 12 屆世界鐵道研究會議」  
(12<sup>th</sup> World Congress on Railway Research,  
WCRR 2019)出國報告

服務機關：交通部運輸研究所

姓名職稱：劉昭榮 研究員

派赴國家：日本

出國期間：108 年 10 月 27 日至 11 月 2 日

報告日期：109 年 1 月 9 日

出席「第 12 屆世界鐵道研究會議」(12<sup>th</sup> World Congress on Railway  
Research, WCRR 2019)出國報告

著 者：劉昭榮

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 109 年 1 月

印 刷 者：承亞興圖文印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 10 冊

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：52 含附件：無

報告名稱：出席「第 12 屆世界鐵道研究會議」(12<sup>th</sup> World Congress on Railway Research, WCRR 2019)出國報告

主辦機關：交通部運輸研究所

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

交通部運輸研究所/孟慶玉/02-23496755

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

劉昭榮/交通部運輸研究所/運輸計畫組/研究員/(02)2349-6806

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.視察 6.訪問 7.開會  
8.談判 9.其他

出國期間：108 年 10 月 27 日至 11 月 2 日

出國地區：日本

報告日期：109 年 1 月 9 日

分類號/目：HO／綜合類（交通類）

關鍵詞：世界鐵道研究會議、鐵道技術、營運實績

內容摘要：

為利推動我國鐵道系統永續發展，本所長期關注國際鐵道系統發展趨勢。有鑑於世界鐵道研究會議(World Congress on Railway Research, WCRR)每 2~3 年舉辦一次(最近 2 次皆間隔 3 年舉辦)，是目前全世界專注於鐵道研究、發展及創新之最大型且最具指標性的國際化鐵道技術交流盛會。此次由日本於東京主辦第 12 屆會議，除有世界各國最專業之鐵道研究論文發表(涵括鐵道技術之工程、營運、管理及政策相關議題)外，亦有多國最新鐵道技術產品參展攤位，及日本最新研發鐵道技術或營運實績之技術參訪行程安排，有極高之參加價值，所蒐集之鐵道專業領域論文及技術參訪資料，皆值得國內鐵道相關單位參考學習。

本文電子檔已上傳至公務出國報告資訊網



# 目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	II
表 目 錄.....	III
壹、前言.....	1
1.1 出國目的.....	1
1.2 行程紀要.....	2
1.3 章節說明.....	4
貳、12th WCRR 全員出席會議(Plenary Sessions)之相關內容.....	5
2.1 第一場討論議題：鐵道系統營運者在旅客服務經驗之提升上應扮演的角色(The Role of Railway Operators in Enhancing the Customer Experience).....	6
2.2 第二場討論議題：鐵道系統供應者在提升鐵道價值的貢獻(Contribution of Railway Suppliers to Elevating the Value of Railways).....	7
2.3 第三場討論議題：未來鐵道系統之研究與發展(Research and Development for Future Railways).....	8
參、分組討論會議(Organized Sessions).....	10
3.1 應用於高鐵路線基礎設施監控之新自動列車運轉系統(A New Automatic Train Operation System over European Train Control System for High-Speed Line Infrastructure Monitoring).....	10
3.2 線性馬達動力化的日本都會運輸系統(Linear Motor Powered Urban Transportation in Japan).....	13
肆、口頭簡報(Oral Sessions)暨海報互動(Interactive Poster Sessions)論文發表.....	19
4.1 應用數據驅動模式預測公共運輸路網的旅客乘載量 (Forecasting passenger load in a transit network using data driven models).....	23
4.2 列車車輛指派與預測性維修排班之決策支援模式(Decision Support Model for Rolling Stock Assignment and Predictive Maintenance Scheduling).....	25
伍、廠商展覽(Technical Exhibition)暨技術參訪(Technical Visits).....	30
5.1 廠商展覽(Technical Exhibition).....	30
5.2 技術參訪(Technical Visits).....	35
陸、心得與建議.....	41
6.1 心得.....	41
6.2 建議.....	42
參考文獻.....	44

# 圖目錄

圖 1-1 世界鐵道研究會議(WCRR)歷屆舉辦地點.....	2
圖 2-1 Plenary Sessions 1 主持人及與談人討論畫面 .....	7
圖 2-2 Plenary Sessions 3 主持人及與談人討論畫面 .....	9
圖 3-1 URV 之 3D 設計圖 .....	11
圖 3-2 ATO 運轉情境設定 .....	11
圖 3-3 ATO_OB 架構.....	12
圖 3-4 非線性模式預測控制追蹤列車運轉動態.....	12
圖 3-5 日本之線性馬達地鐵營運路線 .....	14
圖 3-6 Tobu Kyuryo Line 的 Linimo 列車 .....	15
圖 3-7 HSST 和 Linimo 的磁浮與推力系統結構.....	15
圖 3-8 Linimo 歷年的運量變化.....	16
圖 3-9 線性馬達地鐵列車及線性感應馬達的自我指引轉向架 .....	17
圖 3-10 日本已商業運轉之線性馬達地鐵系統運量 .....	17
圖 4-1 SNCF 鐵路線其中一支線之班表及路線圖 .....	24
圖 4-2 所蒐集 2 個不同車站案例之旅客乘載量資料 .....	24
圖 4-3 列車車輛指派規劃步驟 .....	27
圖 4-4 列車車輛指派與測性維修排班之混合整數規劃模式(MIP)模式	28
圖 5-1 參展廠商名冊 .....	30
圖 5-2 廠商展覽攤位盛況 .....	31
圖 5-3 中國大陸鐵科院鳥瞰圖 .....	32
圖 5-4 大秦鐵路重載實驗 .....	33
圖 5-5 中國大陸復興號動車組 .....	34
圖 5-6 乘坐舒適度模擬器 .....	36
圖 5-7 乘坐舒適度模擬器之細部技術規格及內部配置 .....	36
圖 5-8 LABOCS 軟體系統之意涵.....	37
圖 5-9 使用「慣性中心弦抵銷方法」之鐵路軌道維修資料庫系統.....	38
圖 5-10 MARS 系統 .....	39
圖 5-11 MARS 系統終端機型 .....	40

# 表 目 錄

表 1.1 出國計畫行程表.....	2
表 1.2 第 12 屆 WCRR 會議議程.....	3
表 2.1 全員出席會議(Plenary Sessions)議題及與談人.....	5
表 3.1 日本已商業運轉之線性馬達地鐵系統.....	17
表 3.2 傳統地鐵與線性馬達地鐵系統之比較.....	18
表 4.1 108 年 10 月 29 日會議時程及議題.....	20
表 4.2 108 年 10 月 30 日會議時程及議題.....	21
表 4.3 108 年 10 月 31 日會議時程及議題.....	22
表 4.4 各種模式對於郊區及城際車站乘載量預測績效比較 .....	25
表 4.5 臺鐵系統通勤列車的維修規則.....	26
表 4.6 新竹機廠通勤電聯車之列車運用路徑資訊.....	29
表 4.7 不同維修策略下之維修指派成本比較.....	29



# 壹、前言

## 1.1 出國目的

為利推動我國鐵道系統永續發展，本所長期關注國際鐵道系統發展趨勢。有鑑於世界鐵道研究會議(World Congress on Railway Research, WCRR)每 2~3 年舉辦一次(最近 2 次皆間隔 3 年舉辦)，是目前全世界專注於鐵道研究、發展及創新之最大型且最具指標性的國際化鐵道技術交流盛會。今(2019)年在日本東京舉辦第 12 屆會議，除有世界各國最專業之鐵道研究論文發表(包括鐵道技術之工程、營運、管理及政策相關議題)外，亦有多國最新鐵道技術產品參展攤位、及日本最新研發鐵道技術或營運實績之技術參訪行程安排，有極高之參加價值，爰規劃此一出國行程。

世界鐵道研究會議(WCRR)係由法國國鐵公司(Société nationale des chemins de fer français, SNCF)、德國鐵路股份公司(Deutsche Bahn AG, DB AG)、義大利國鐵公司(Trenitalia)、日本鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute, RTRI)、英國鐵路標準安全委員會(Rail Safety & Standards Board, RSSB)、美國運輸技術試驗中心(Transportation Technology Center Inc., TTCI)及國際鐵路聯盟(Union Internationale des Chemins, UIC)於 1994 年共同創立，首次會議由法國國鐵公司 SNCF 於法國巴黎舉辦，本次 2019 年之第 12 屆會議在日本東京舉辦。

本次參加第 12 屆世界鐵道研究會議規模盛大，其吸引約 30 個國家、約 1,000 名代表出席(500 名日本參加者、500 名其他國家參加者)，且多達約 380 篇技術論文報告發表，多達 82 個參展廠商(攤位)、約 135 個贊助廠商(組織)，是一個可快速蒐集最新國際鐵道系統發展趨勢、專業技術及研究理論成果之場域，及交換彼此專業技術知識之重要平臺。此外，主辦單位所提供之技術參訪行程多達 11 項、為與會人員眷屬安排之文化參訪行程 3 項，可提供各與會人員依各自需要選擇參加，大多數與會人員皆反映希望可同時參加數個參訪行程，反應熱烈。

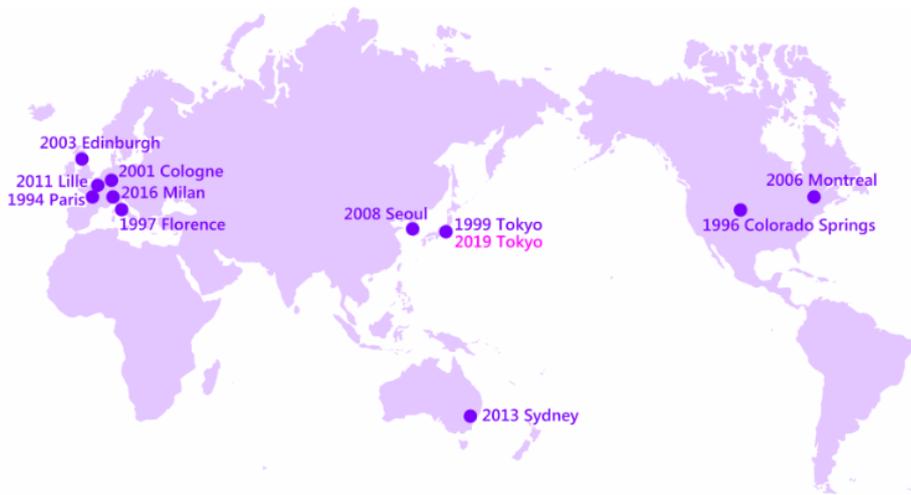


圖 1-1 世界鐵道研究會議(WCRR)歷屆舉辦地點

## 1.2 行程紀要

本次參加第 12 屆世界鐵道研究會議(WCRR)，主要皆停留在日本東京的東京國際會議中心(Tokyo International Forum)會場，及技術參訪之日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)。

有關本次出國行程概要如表 1.1，至於 12th WCRR 之會議議程如表 1.2 所示。

表 1.1 出國計畫行程表

日期	起迄地點	工作項目
108 年 10 月 27 日	臺北-日本(東京)	啟程
108 年 10 月 28 日~31 日	日本(東京)	參加第 12 屆世界鐵道研究會議，包含：開幕典禮、閉幕典禮全員出席會議(Plenary Sessions)、分組討論會議(Organized Sessions)、口頭論文發表(Oral Sessions)、海報論文發表(Interactive Poster Sessions)、技術攤位展覽(Exhibition)。
108 年 11 月 1 日	日本(東京)	技術參訪日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)，參觀該技術研究所之各項鐵道車輛技術及控制實驗室、聽取各項鐵道綜合技術研究所業務推動簡報。
108 年 11 月 2 日	日本(東京)-臺北	返程

表 1.2 第 12 屆 WCCR 會議議程

	October 28 Monday	October 29 Tuesday	October 30 Wednesday	October 31 Thursday	November 1 Friday	
08:30	Congress Registration				Technical Visits	
09:00		Opening Ceremony	Oral & Interactive Poster Sessions	Oral & Interactive Poster Sessions		
10:00		Plenary Session 1	Coffee Break	Coffee Break		
11:00		Coffee Break	Oral & Interactive Poster Sessions	Plenary Session 3		
12:00		Oral & Interactive Poster Sessions	Oral & Interactive Poster Sessions	Oral & Interactive Poster Sessions		
13:00						
14:00		Lunch	Lunch	Lunch		
15:00		Oral & Interactive Poster Sessions	Plenary Session 2	Oral & Interactive Poster Sessions		
16:00		Coffee Break	Coffee Break			
17:00		Oral & Interactive Poster Sessions	Oral & Interactive Poster Sessions	Closing Ceremony		
18:00						
19:00		Welcome Reception				
20:00			Tokyo Bay Reception	Gala Dinner		
21:00						
Exhibition						

### 1.3 章節說明

本報告分成前言及本文(5 大部分)共計 6 大部分，第 1 部分說明出國目的、行程及章節架構；本文主要為參加「第 12 屆世界鐵道研究會議(WCRR)」之參加紀要，其中第 2 部分為 12th WCRR 之全員出席會議(Plenary Sessions)之相關內容；第 3 部分為 12th WCRR 之分組討論會議(Organized Sessions)；第 4 部分為口頭(Oral Sessions)暨海報(Interactive Poster Sessions)論文發表之相關內容；第 5 部分為廠商展覽(Technical Exhibition)暨技術參訪(Technical Visits)之相關內容；第 6 部分則為本次出國參與各項活動及會議之經驗所得，提出心得與建議。

## 貳、12th WCRR 全員出席會議(Plenary Sessions)之相關內容

為了放眼未來全世界鐵道系統的永續發展，本會議主辦單位分別於大會主要會議期間 2019 年 10 月 29~31 日，每日各安排一場全員出席會議(Plenary Sessions)，邀集各鐵道系統領域之國際知名專家學者，以專家與談人的方式針對未來鐵道研究與發展方向、應聚焦之國際合作技術領域...等重要議題，進行深度討論並與會議參加者交換意見，並藉此使 WCRR 能鎖定暨凸顯全世界之鐵道系統研究及發展應扮演角色，並強化鐵道系統之旅客服務經驗。有關上述 3 場大會舉辦之全員出席會議討論議題及與談人員名單如表 2.1 所示。

表 2.1 全員出席會議(Plenary Sessions)議題及與談人

No.	Title	Moderator and panelist
1	The Role of Railway Operators in Enhancing the Customer Experience	<p><b>Moderator</b> Prof. Anson Jack : Professor, University of Birmingham</p> <p><b>Panelists</b> Mr. Masaki Ogata, Vice Chairman JR East Mr. Shun-ichi Kosuge, Executive Vice President, JR Central Mr. Pierre Izard, Deputy CEO - CTO, SNCF Mr. Rolf Härdi, CTO, DB AG Mr. Marco Caposciutti, CTO, Trenitalia AAR (panelist TBD)</p>
2	Contribution of Railway Suppliers to Elevating the Value of Railways	<p><b>Moderator</b> Mr. Nick Kingsley, Managing Editor, Railway Gazette International</p> <p><b>Panelists</b> Mr. Jay Monaco, Vice President Global Engineering, Amsted Rail Mr. Jürgen Schlaht, Head of Innovation Management, Siemens Mobility Mr. Takao Nishiyama, Executive Vice President, J-TREC CRRC (panelist TBD)</p>
3	Research and Development for Future Railways	<p><b>Moderator</b> Prof. Roderick Smith : Emeritus Professor, Imperial Collage London</p> <p><b>Panelists</b> Dr. Norimichi Kumagai, President, RTRI Mr. François Davenne, Director General, UIC Ms. Luisa Moisio, Director of Research and Development, RSSB</p>

		Ms. Carole Desnost, CIO, SNCF Mr. Carlo Borghini, Executive Director, Shift2Rail, Dr. ZHOU Li, Chairman, China Academy of Railway Sciences (CARS), China
--	--	---

## 2.1 第一場討論議題：鐵道系統營運者在旅客服務經驗之提升上應扮演的角色(The Role of Railway Operators in Enhancing the Customer Experience)

第一場全員出席會議(Plenary Sessions 1)於 10 月 29 日上午 9:45~11:00 舉行，討論的議題為「鐵道系統營運者在旅客服務經驗之提升上應扮演的角色」，由具有 40 年鐵道部門經驗(含 36 年鐵道產業、4 年鐵道學術經驗)的英國伯明罕(Birmingham)大學 Anson JACK 教授主持，6 位重量級專家學者擔任與談人，包括 Mr. Masaki OGATA(JR 東日本鐵道公司董事長)、Mr. Shun-ichi KOSUGE(JR 東海公司副總裁)、Mr. Guillaume PEPY(法國 SNCF 執行部主席)、Mr. Rolf HÄRDI(德國鐵路首席技術創新官)、Mr. Marco CAPOSCIUTTI(義大利國鐵首席技術創新官)、Mrs. Lisa STABLER(美國運輸技術試驗中心 TTCI 總裁)。

本場次討論，除主持人及與談人各自分享所屬國家及鐵路經營單位之旅客服務經驗外，皆強調未來之鐵道客運服務應需做到 MaaS(Mobility as a Service)服務，具體作為包括：

- 無縫的複合運輸服務(Seamless Multimodal Travel)：透過複合運輸行程規劃、訂位、票證、支付、旅次行程追蹤及額外服務等功能，創造泛歐洲地區皆可達到一站式商店(one-stop-shop)之及戶(door-to-door)的運輸生態環境。
- 建立旅運伴侶個人應用系統(Travel companion personal application)：透過獨特的使用者介面提供連接歐洲及戶運輸服務系統之功能，並讓使用者能快速介接運輸服務與各項即時資訊。



圖 2-1 Plenary Sessions 1 主持人及與談人討論畫面

## 2.2 第二場討論議題：鐵道系統供應者在提升鐵道價值的貢獻(Contribution of Railway Suppliers to Elevating the Value of Railways)

第二場全員出席會議(Plenary Sessions 2)於 10 月 30 日下午 14:35~15:50 舉行，討論的議題為「鐵道系統供應者在提升鐵道價值的貢獻」，由鐵道系統市場最具領先地位之國際鐵路公報(Railway Gazette International)總編輯 Nick KINGSLEY 先生(具有 17 年鐵道市場分析及鐵道系統推動宣傳經驗)主持，5 位經驗豐富業界專家擔任與談人，包括 Mr. Jay MONACO(美國鐵道零組件大廠 Amsted Rail 公司全球工程部副總裁)、Mr. Jürgen SCHLAHT(德國 Siemens Mobility 分公司創新管理部副總裁)、Mr. Takao NISHIYAMA(日本 J-TREC 株式會社總合車輛製作部總經理)、Mr. Maurizio MANFELLOTTO (義大利日立鐵道公司執行長)、Mr. DING Sansan (中國大陸中車青島四方機車車輛公司副總工程師)。

本場次討論，主持人及與談人各自分享所屬鐵道系統供應單位之製造及作業經驗，並強調供應單位可朝向先進交通管理及控制系統、

及基礎設施最佳化之方向努力，具體作為包括：

- 先進交通管理及控制系統(Advanced Traffic Management and Control Systems)：包括引進不同廠商製造但相容(路側或列車上操控)之各種等級的列車自動駕駛系統(Automatic Train Operation)、移動閉塞系統(Moving Block)、故障防護之列車定位系統(Fail-Safe Train Positioning)、可通用之各項通訊技術(LTE、5G、SatCom、WiFi)、高適應性通訊系統(Adaptable Communication Systems)。
- 最佳化基礎設施(Optimised Infrastructure)：包括引進智慧資產管理系統(Intelligent Asset Management)，結合結構體之壽期提高及執行績效、提升軌道系統之效能、精進維修系統及降低能源消耗，使整體鐵道基礎設施最佳化，成為高容量基礎設施(High Capacity Infrastructure)。

### 2.3 第三場討論議題：未來鐵道系統之研究與發展(Research and Development for Future Railways)

第三場全員出席會議(Plenary Sessions 3)於 10 月 31 日上午 10:20~11:40 舉行，討論的議題為「未來鐵道系統之研究與發展」，由倫敦帝國學院(Imperial College London)鐵道工程學系之榮譽退休教授 Roderick SMITH 擔任主持人(其具有 50 年鐵道機械工程、能源、永續運輸、未來鐵道研究發展等豐富經驗)，及 6 位經驗豐富之業界專家擔任與談人，包括：Dr. Norimichi Kumagai (日本鐵道綜合技術研究所 RTRI 所長)、Mr. François Davenne (國際鐵路聯盟 UIC 總裁)、Ms. Luisa Moio (英國鐵路標準安全委員會研發部主任)、Ms. Carole Desnost (法國國鐵公司 SNCF 資訊長)、Mr. Carlo Borghini (歐盟 Shift2Rail 公司執行董事)、Dr. ZHOU Li (中國鐵道科學研究院院長)。

本場次討論，主持人及專家與談人各自以自身之鐵道相關研究及技術研發經驗進行意見交換，並強調持續的研究發展動能是全世界鐵道系統服務品質提升的最大保障，具體討論議題及共識包括：

- 鐵道營運單位擁有許多老化及歷史遺留的鐵道資產，執行什麼樣式的研究可以達到經濟且有效地管理這些資產：鐵道系統常

具有特別的歷史文化價值亟待保存與管理，後續應可透過鐵道文化資產保存之相關研究探討，推動軌道資產活化利用，促進鐵路附屬事業與異業結盟，並使鐵道營運單位於辦理軌道系統之更新及新建時，能充分融合文化地景保存理念。

- 從研究到執行階段如何善用成功案例經驗，記取並學習失敗教訓，儘速改善缺點、持續創新：依據鐵道營運公團(the Railway Operating Community, ROC)之定義，為了提供鐵道系統之服務品質，未來鐵道系統之研究與發展趨勢應必須能使專業人員及營運單位具備以下 12 種專業能力，並朝該 12 項專業領域研究發展，其包括：(1)自動列車運轉(Automated train operations)；(2)公共運輸行動服務(Mobility as a Service, MaaS)；(3)符合需求的物流系統(Logistics on demand)；(4)從資料中獲取效益(More value from data)；(5)能源使用的最佳化(Optimum energy use)；(6)服務時間精準化(Service timed to the second)；(7)降低鐵道系統的各项成本(Lower cost railways)；(8)確保鐵道資產的健全性與可用性(Guaranteed asset health and availability)；(9)智慧化的鐵路系統車輛(Intelligent trains)；(10)具易行性的車站及智慧化城市(Stations and smart city mobility)；(11)環境及社會的永續(Environmental and social sustainability)；(12)快速且可靠的研發成果提送(Rapid and reliable R&D delivery)。



圖 2-2 Plenary Sessions 3 主持人及與談人討論畫面

## 參、分組討論會議(Organized Sessions)

分組討論會議(Organized Sessions)場次是邀請鐵道系統各相關領域的先進專家擔任主持人，鎖定值得推薦及深入探討之議題，吸引與會各國專業人士參與討論及交流，以推廣最新鐵道相關技術及知識。

本次大會規劃之分組討論會議共計有：(1)從國際觀點水平掃描鐵道系統發展 (Horizon Scanning for the Railways: An International Perspective)、(2)即時鐵道運轉控制的決策輔助(Decision-Aid for Real-Time Railway Operation Control)、(3)鐵道主線上的自動列車(Autonomous Trains on Main Lines)、(4)創新產品發展的全球化認證(Global Certification for Innovative Product Development)、(5)列車上監控列車/基礎設施的診斷及設備狀態基準維修(On-Board Monitoring for Vehicle/Infrastructure Diagnostics and CBM)、(6)整合列車上、路側檢測與虛擬等方法使動態測試導向更安全、具成本效益、有風險意識及鼓勵創新之境界(Integration of On-Board and Wayside Measurements with Virtual Methods Towards Safer, More Cost-Effective, Risk-Conscious and Innovation-Spurring Assessment Methods for Running-Dynamics)、(7)應用數位科技之預測性維修(Digital Technologies for Predictive Maintenance)、(8)磁浮鐵道系統(Maglev Systems)、(9)鐵道系統發展之全球化願景(Global Vision for Railway Development)、(10)從研究到利益—談如何加速創新改革流程(From Research to Benefits: How to Accelerate the Innovation Process)等 10 大領域議題，共有 46 篇論文發表，茲列舉與我國鐵道發展較有相關之 2 篇論文介紹如下。

### 3.1 應用於高鐵路線基礎設施監控之新自動列車運轉系統(A New Automatic Train Operation System over European Train Control System for High-Speed Line Infrastructure Monitoring)

#### 一、摘要

本論文主要希望在高鐵主線上建置歐洲鐵道列車管理系統，並設

計具有標準化歐洲列車控制系統(ERTMS/ETCS)，並達成設計新型自動化列車之目的，較特別的是研究團隊已建置發展第一版之模組化架構，並量身訂做出不同發展階段之自動列車運轉系統，第一回合的整合及模擬對於高鐵列車之運轉控制已展現出成效。義大利鐵路公司自從 1 年前已應用無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)的技術開始研發無人駕駛鐵道列車(Unmanned Railway Vehicle, URV)，如圖 3-1 所示，希望所設計出的自動化列車能應用在軌道及周遭環境之監控作業上。

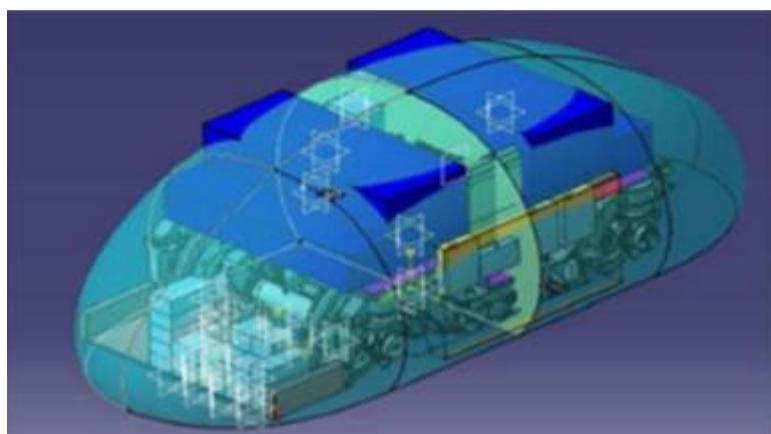


圖 3-1 URV 之 3D 設計圖

## 二、自動列車運轉(ATO)的運轉情境

整個 ATO 設定情境如圖 3-2，從離開機廠起點到接收旅次指令，離開側軌進入自動駕駛模式，也可再回到機廠充電或偵測到障礙物而停止請求遠端檢測，再離開高鐵主線回到自動駕駛模式。每一個步驟皆代表一種不同的情境，也代表系統執行的前提條件，其指令的執行及改狀況的改變都是 ATO 系統的組成要素。

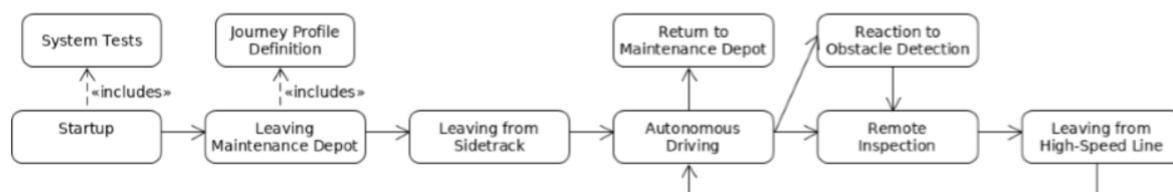


圖 3-2 ATO 運轉情境設定

## 三、列車上及軌側 ATO 之設計

系統必須有列車上 ATO\_OB(on-board)及軌側 ATO\_TS(sidetrack)等 2 套控制系統設計(如圖 3-3 所示)，並搭配列車自動駕駛 Autonomous\_Driving\_Functions 模組的設定，最後再由歐洲列車控制系統(European Train Control System, ETCS)模組 ETCS\_Manager 串聯各個界面，經過整合及模擬測試，來達到列車自動駕駛控制的目的。圖 3-4 顯示在非線性模式預測控制 Nonlinear Model Predictive Control strategy (NMPC)策略下，可有效地追蹤列車面臨坡度、曲線狀況下整個旅次的列車運轉動態。

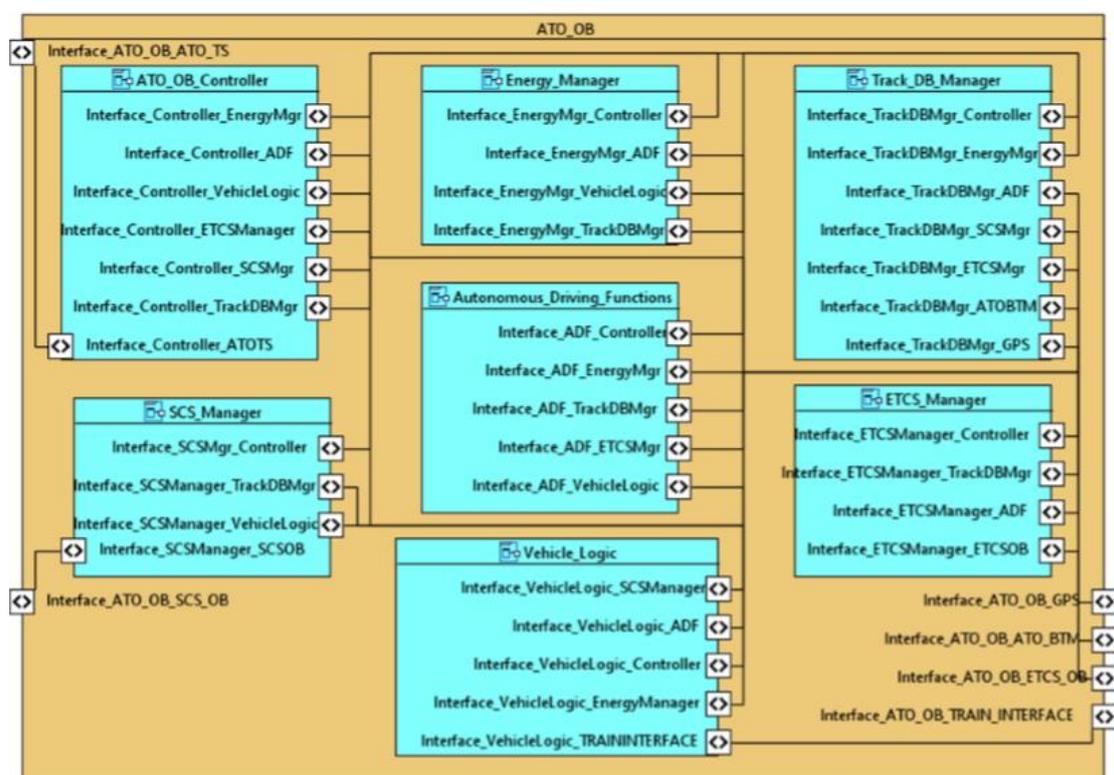


圖 3-3 ATO\_OB 架構

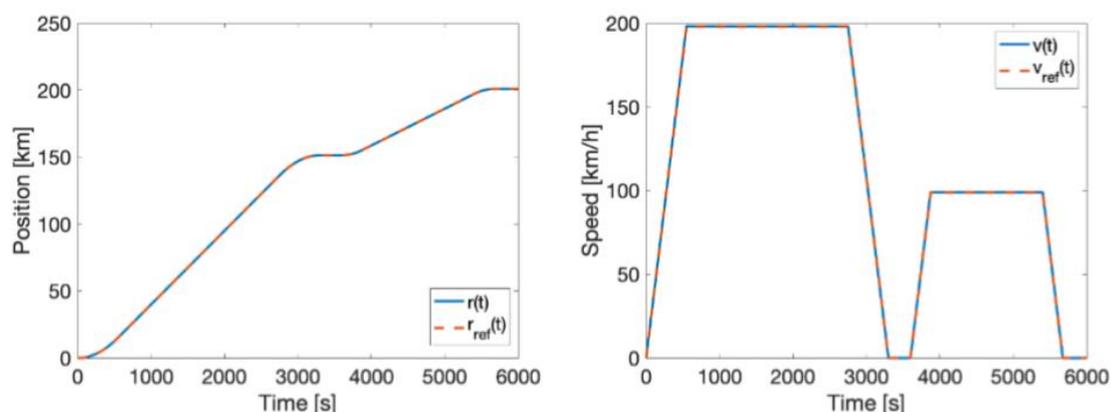


圖 3-4 非線性模式預測控制追蹤列車運轉動態。

## 四、結論

本研究計畫正如火如荼進行著，由義大利鐵路 FS 公司與義大利各大學合作辦理，目標鎖定在強化高鐵列車自動化及號誌系統的等級，截至目前，已完成第一代的 ATO 系統及模擬環境的建置，第一次模擬結果亦顯示其建議的方法論對於 ATO 軟體之發展效果顯著。

### 3.2 線性馬達動力化的日本都會運輸系統 (Linear Motor Powered Urban Transportation in Japan)

#### 一、摘要

本研究介紹 2 種線性馬達動力化的日本都會運輸系統型態，一種是高速地面運輸系統 HTSS (High Speed Surface Transport) 下的磁浮列車 Linimo，另一種則是線性馬達地鐵系統 (Linear Metro)，它們皆是以線性感應馬達推動、採用不同的懸吊導引系統。

線性馬達動力都會鐵道系統已運轉多年且廣受肯定，由於線性馬達是駕駛非粘著性列車，所以有較佳的性能及乘坐品質。HTSS 系統是一種使用電磁懸吊及短定子 (short-stator) 線性感應馬達的磁浮運輸系統。2005 年 3 月 Linimo 在連接名古屋市名東區藤之丘站往愛知縣豐田市八草站的 Tobu Kyuryo Line 開始商業運轉，路線全長 8.9 公里設 9 個站，乘客人數至 2018 年成長到每日 24,900 人次。至於線性馬達地鐵系統因可降低地鐵建造成本，所以有關地鐵系統之選擇一直是很重要的議題，第一條線性馬達地鐵系統是於 1990 年的大阪市開通，目前全日本有 7 條線性馬達地鐵路線營運(如圖 3-5 所示)，路線總長度約 115 公里，運量於 2017 年已達 1.55 百萬人次/年，所以近年來「智慧型線性馬達地鐵系統」已被譽為下一世代的熱門運輸系統。

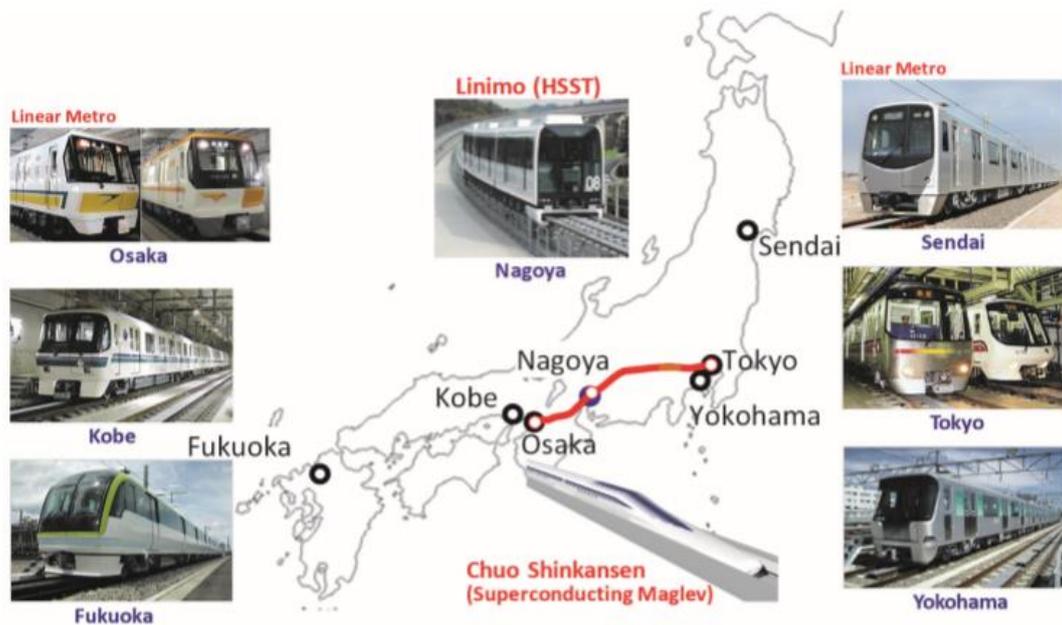


圖 3-5 日本之線性馬達地鐵營運路線

## 二、都會磁浮列車系統 Linimo

高速地面運輸系統 HTSS 開始於 1970 年代，經改良後大多使用在博覽會及展覽會場之聯外鐵道系統，圖 3-6 即為 2005 年 3 月開始商業運轉連接名古屋市藤之丘站往愛知縣八草站的愛知世界博覽會 Tobu Kyuryo Line。圖 3-7 是 HTSS 系統磁浮和線性馬達推力的系統結構，列車是被列車上 U 型電磁體與反向 U 型鐵製導軌之間電磁力所懸吊及導引。至有關 Linimo 的運量變化如圖 3-8 所示，在 2005 年愛知世界博覽會期間，Linimo 在 6 個月的會展期間共載運超過 19 百萬人次，每日運量介於 90,000~180,000 人次，2006 年每日運量則下跌至 13,700 人次，之後運量再穩定成長至 2018 年的每日 24,900 人次，雖未達最初之預測運量每日 30,000 人次，但這條線已成為該地區不可或缺的鐵道運輸系統。



圖 3-6 Tobu Kyuryo Line 的 Linimo 列車

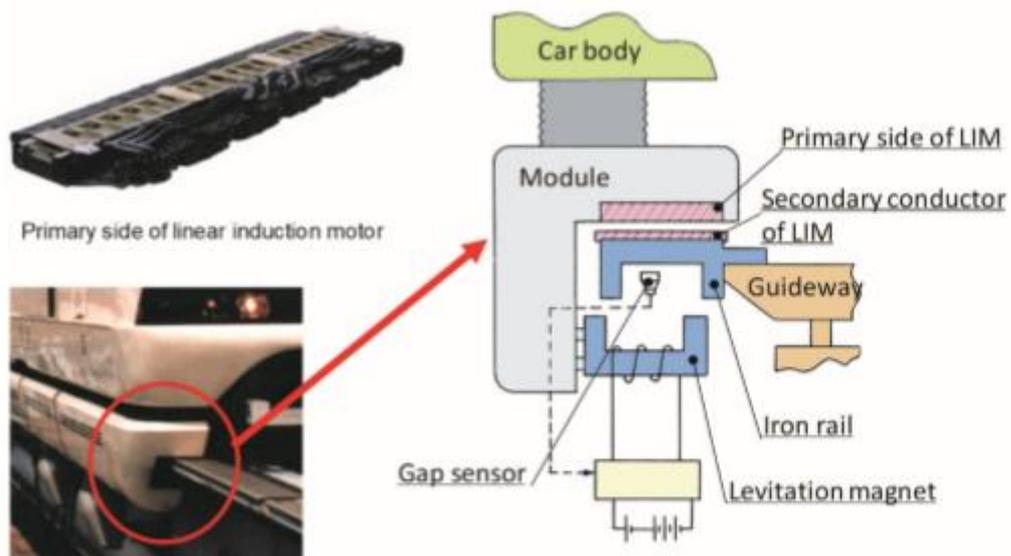


圖 3-7 HSST 和 Linimo 的磁浮與推力系統結構

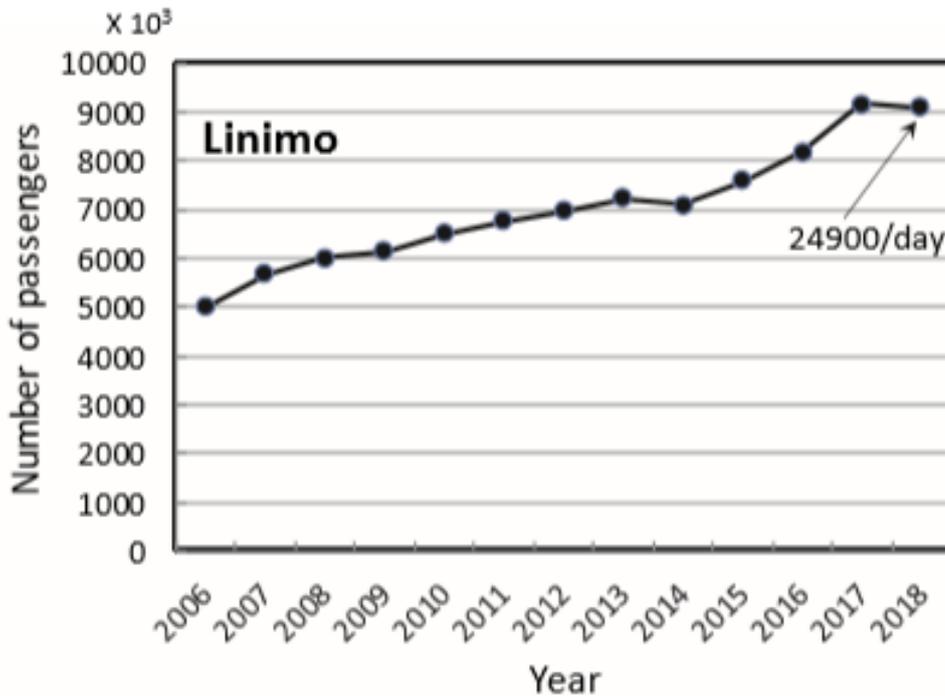


圖 3-8 Linimo 歷年的運量變化

### 三、線性馬達地鐵系統

當一個都市要引進地鐵系統時，降低建造成本常是最重要的問題之一。日本地鐵協會以合作計畫方式，與產業界、大學與政府單位共同發展線性馬達地鐵系統，即可應用在商業運轉的線性馬達地鐵系統(如表 3.1 所示)，其中大阪市的 Nagahori Tsurumi-ryokuchi Line 於 1990 年 3 月開通，是日本第一條商業運轉的線性馬達地鐵系統，同時在 6 年內有 7 條路線陸續開通，路線總長度約 115 公里。

不像傳統鐵道技術，線性馬達地鐵系統使用非粘著性推進方式，列車被線性感應馬達所驅動，被鋼輪所支撐，而線性感應馬達即被安裝在每一個轉向架上(如圖 3-9)。至有關日本已商業運轉線之性馬達地鐵系統運量變化如圖 3-10 所示，截至 2017 年底其總載運量約 76 億人次，無肇事紀錄，而且 2017 年當年運量約 5.65 億人次、每日運量約 155 萬人次，更特別的是東京大江戶線 Tokyo-Oedo Line 以 8 節車廂運轉，已成為東京都非常重要的大眾運輸系統。

表 3.1 日本已商業運轉之線性馬達地鐵系統

City	Line	Route length	Opening year	
Osaka	Nagahori Tsurumi-ryokuchi Line	15.0 km		Train: 4 cars
		5.2 km	1990	
		5.7 km	1996	
		4.1 km	1997	
Tokyo	Oedo Line	11.9 km	2006	Train: 8 cars
		40.7 km		
		3.8 km	1991	
		9.1 km	1997	
Kobe	Kaigan Line	7.9 km	2001	Train: 4 cars
		25.7 km	2000	
		2.1 km	1999	
		25.7 km	2000	
Fukuoka	Nanakuma Line	12.0 km	2005	Train: 4 cars
		(1.4 km)	2022	<i>under construction</i>
Yokohama	Green Line	13.1 km	2008	Train: 4 cars
Sendai	Tozai Line	14.1 km	2015	Train: 4 cars
Total length:		114.9 km		

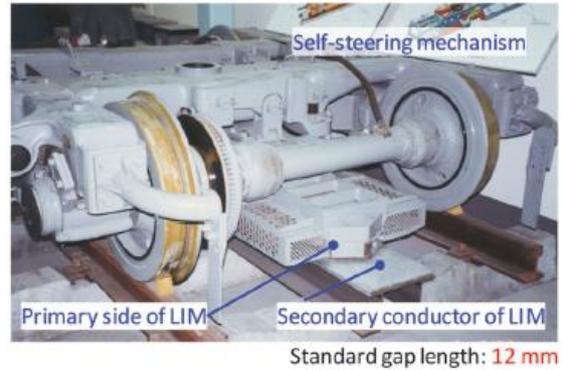


圖 3-9 線性馬達地鐵列車及線性感應馬達的自我指引轉向架

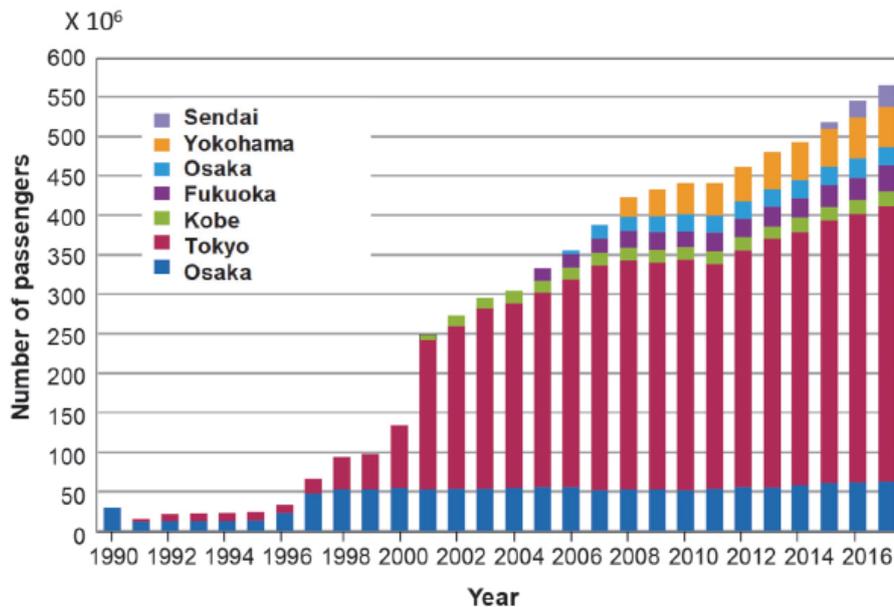


圖 3-10 日本已商業運轉之線性馬達地鐵系統運量

#### 四、結論

智慧型線性馬達地鐵系統(Smart Linear Metro)已被推薦作為下一代運輸系統之主流，由其與傳統地鐵系統之比較顯示(如表 3.2 所示)，智慧型線性馬達地鐵系統是一種靈巧高效能之地鐵系統，其特色是可有效降低建造成本、可適用於各種氣候、高速，建造型式可為地下、地面、高架，可適用於陡坡及小曲率地形。另外，智慧型線性馬達地鐵系統使用之新技術包括：聯結型轉向架(link-type steering bogies)、無駕駛員運轉系統、緊實輕巧的高速線性馬達駕駛系統、付款憑證(proof-of-payment)等，並已經有效整合各種技術來提高其運轉功能。

表 3.2 傳統地鐵與線性馬達地鐵系統之比較

	Conventional subway	Current Linear Metro	Smart Linear Metro
Car size (length × width)	20 m × 2.8 m	15 - 16 m × 2.5 m	12 m × 2.5 m
Passenger capacity (e.g.)	3 cars: 420	4 cars: 380	4 cars: 276
Max. speed	70 – 110 km/h	70 – 80 km/h	70 – 120 km/h
Min. curve radius	160 - 200 m	80 - 100 m	70 m
Steepest gradient	35‰	60‰	60‰
Outer diameter of shield (single track)	6.5 m	5.3 m	5.1 - 5.3 m
Notes	<ul style="list-style-type: none"><li>· Rotating-type motor drive</li><li>· Non-steering bogie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Linear motor drive</li><li>· Self-steering bogie</li><li>· Link type steering bogie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Linear motor drive</li><li>· Link type steering bogie</li></ul>

## 肆、口頭簡報(Oral Sessions)暨海報互動 (Interactive Poster Sessions)論文發表

本次會議之口頭簡報(Oral Sessions)論文部分，計有 40 項議題 171 篇論文發表；海報互動(Interactive Poster Sessions)論文部分，計有 20 項議題 150 篇論文發表。至於完整之議題內容，如表 4.1~表 4.3 之大會時程表所示。

口頭(Oral Sessions)論文發表議題因多達 40 項，爰僅羅列與我國鐵道系統發展較相關之重點議題，摘述如下：(1)需求預測與容量管理(Demand Forecasting and Capacity Management)、(2)乘客舒適度(Passenger Comfort)、(3)模組化、測試與可接受度(Modelling, Testing and Acceptance)、(4)高速列車車輛(High Speed Rolling Stock)、(5)投資與經濟效率(Investments and Economic Efficiency)、(6)營運與列車延滯管理(Operation Management, Train Delay Management)、(7)拓展市場與運輸規劃(Open Market and Transportation Planning)、(8)旅客流與及戶易行性(Passenger Flow, Mobility from Door-to-Door)、(9)低成本營運(Low-Cost Operation)、(10)旅客資訊與訂票系統(Passenger Information and Ticketing)等 10 大議題。

海報(Interactive Poster Sessions)論文發表議題則多達 20 項，爰僅羅列與我國鐵道系統發展較相關之重點議題，摘述如下：(1)列車與軌道之互動(Vehicle and Track Interaction)、(2)基礎設施之狀態基準維修 CBM(Condition-Based Maintenance of Infrastructure)、(3)列車車輛設計與維修(Rolling Stock Design and Maintenance)、(4)安全、保安與天然災害管理(Safety, Security and Natural Hazard Management)、(5)服務品質、速度、到達目的地所需時間與準點之改善(Improvement of Service Quality, Speed, Time to Destination and Functionality)、(6)號誌與通訊系統(Signalling and Communication Systems)、(7)經濟、政策與規劃(Economics, Policy and Planning)、(8)永續性(Sustainability)等 8 大議題。

茲列舉與我國鐵道發展較有相關之 2 篇論文介紹如下。

表 4.1 108 年 10 月 29 日會議時程及議題

# TIMETABLE

OS: Organized Session  
 OP: Oral Session  
 IP: Interactive Poster Session

## Tuesday, October 29

	Hall C	D7	D5	D1	G409	Hall E Seminar room 1	Hall E Seminar room 2	Hall E
09:00	Opening Ceremony							Exhibition
09:45	Plenary Session 1 The Role of Railway Operators in Enhancing the Customer Experience							
11:00	Coffee Break (Hall E)							
11:30	OS_01 Horizon Scanning for the Railways: An International Collaboration Perspective	OP_01 Condition-Based Maintenance of Infrastructure, I	OP_02 Attracting Customers by Understanding Their Needs and Behaviors	OP_03 Natural Hazard Management	OP_04 Demand Forecasting and Capacity Management	IP_01 Vehicle and Track Interaction	IP_02 Maglev & Rolling Stock	
13:10	Lunch (Hall E)							
14:30	OS_02 Decision-Aid for Real-Time Railway Operation Control	OP_05 Rolling Stock, Subsystems and Components	OP_06 Safety and Security Awareness	OP_07 Passenger Comfort	OP_08 Modelling, Testing and Acceptance	IP_03 Condition-Based Maintenance of Infrastructure, I	IP_04 Infrastructure	
15:50	Coffee Break (Hall E)							
16:20	OS_03 Autonomous Trains on Main Lines	OP_09 Condition-Based Maintenance of Infrastructure, II	OP_10 Bridges and Tunnels	OP_11 Passenger Safety	OP_12 Freight Rail	IP_05 Rolling Stock Design and Maintenance	IP_06 Safety, Security and Natural Hazard Management	
18:00								

表 4.2 108 年 10 月 30 日會議時程及議題

# TIMETABLE

OS: Organized Session  
 OP: Oral Session  
 IP: Interactive Poster Session

## Wednesday, October 30

	Hall C	D7	D5	D1	G409	Hall E Seminar room 1	Hall E Seminar room 2	Hall E	
08:30	OS_04 Global Certification for Innovative Product Development	OP_13 High Speed Rolling Stock	OP_14 Level Crossings	OP_15 Investments and Economic Efficiency	OP_16 Energy-Conserving Operation and Energy Storage Technology	IP_07 Railway System Interface	IP_08 Aerodynamics, Noise and Vibration	Exhibition	
09:50	Coffee Break (Hall E)								
10:20	OS_05 On-Board Monitoring for Vehicle/Infrastructure Diagnostics and CBM	OP_17 Power Supply	OP_18 Brake Performance	OP_19 Train Detection and Wayside Monitoring	OP_20 Environmentally Friendly Railways	IP_09 Improvement of Service Quality, Speed, Time to Destination and Functionality, I	IP_10 Safety Assessment and Assurance		
11:40									
11:55	OS_06 Integration of On-Board and Wayside Measurements with Virtual Methods Towards Safer, More Cost-Effective, Risk Conscious and Innovation-Spurring Assessment Methods for Running-Dynamics	OP_21 Signalling and Communication Systems, I	OP_22 Vehicle and Track Interaction	OP_23 Operation Management, Train Delay Management	OP_24 Infrastructure Asset Management	IP_11 Power Supply	IP_12 Track Maintenance		
13:15	Lunch (Hall E)								
14:35	Plenary Session 2 Contribution of Railway Suppliers to Elevating the Value of Railways								
15:50	Coffee Break (Hall E)								
16:20	OS_07 Digital Technologies for Predictive Maintenance	OS_08 Maglev Systems	OP_25 Rolling Stock Maintenance	OP_26 Infrastructure Maintenance	OP_27 Safety Assessment and Assurance	IP_13 Improvement of Service Quality, Speed, Time to Destination and Functionality, II	IP_14 Signalling and Communication Systems		
18:00									

表 4.3 108 年 10 月 31 日會議時程及議題

# TIMETABLE

OS: Organized Session  
 OP: Oral Session  
 IP: Interactive Poster Session

## Thursday, October 31

	Hall C	D7	D5	D1	G409	Hall E Seminar room 1	Hall E Seminar room 2	Hall E
08:30	OP_28 Condition-Based Maintenance of Rolling Stock	OP_29 Open Market and Transportation Planning	OP_30 Human Factors and Train Operation	OP_31 Service Quality and Reliability	OP_32 Pantograph and Catenary Interaction	IP_15 Sustainability	IP_16 Economics, Policy and Planning	Exhibition
09:50	Coffee Break (Hall E)							
10:20	Plenary Session 3 Research and Development for Future Railways							
11:40								
11:55	OS_09 Global Vision for Railway Development	OP_33 Track Materials and Components	OP_34 Signalling and Communication Systems, II	OP_35 Passenger Flow, Mobility from Door-to-Door	OP_36 Low-Cost Operation	IP_17 Condition-Based Maintenance of Infrastructure, II	IP_18 Condition-Based Maintenance of Infrastructure, III	
13:15	Lunch (Hall E)							
14:35	OS_10 From Research to Benefits: How to Accelerate the Innovation Process	OP_37 Passenger Rolling Stock Design	OP_38 Infrastructure Resilience during Extreme Events	OP_39 Noise and Vibration	OP_40 Passenger Information and Ticketing	IP_19 Structures, Materials and Track Components	IP_20 Infrastructure Maintenance	
15:55								
16:15	Closing Ceremony							
17:15								

## 4.1 應用數據驅動模式預測公共運輸路網的旅客乘載量 (Forecasting passenger load in a transit network using data driven models)

### 一、摘要

旅客乘載預測對於運輸規劃、營運管理及旅客資訊(特別對高密度之大型都會區)之取得有極大之助益，本研究利用多元資料來源(列車上數人頭及列車班表)調查公共運輸路網的長期與短期旅客乘載量，每一旅客皆被視為一個時間序列，面臨到的挑戰就是所預測列車班表時間序列之短暫動態相依性問題處理。本研究運用機器學習模型來預測每一列車通過每一車站之旅客乘載量，並比較包括隨機森林(random forest)與梯度提升決策樹(gradient boosting tree)模式之優劣差異，並且分析評估不同特性(日期、時間、最後旅客乘載量、列車延滯、列車路徑)對預測作業之貢獻，實驗之執行是以涵蓋 2015~2016 年之實際資料進行分析，資料來源是法國國鐵公司 SNCF 所蒐集巴黎市郊鐵路公共運輸路網之運量資料。

### 二、資料及目的

選定的分析對象是巴黎市郊北邊的 SNCF 其中一條路線，2015 年每天之運量約為 25 萬人次，該路線有 4 條支線及營運班表，運作複雜，資料庫內容包括每站的上、下車人數和即時的班表資訊，詳如圖 4-1。另圖 4-2 顯示所蒐集 2 個車站平常日及假日之旅客乘載量，可看出其受許多因素影響，包括：日期時間、列車運轉型式、車站位置，這也引發所預測之時間序列資料具有高度變化性的問題。

### 三、預測的方法論及預測模式

本研究將蒐集之特性資料重新編碼、定義屬性與編組，並從經典基線到最先進機器學習等不同等級，選定 Last Value (LV)、Contextual Average (CA)、梯度提升決策樹 Gradient Boosting (XGB)、隨機森林 Random FOREST (RF)、Long-Short Term Memory (LSTM)等 5 種模式進行分析比較。

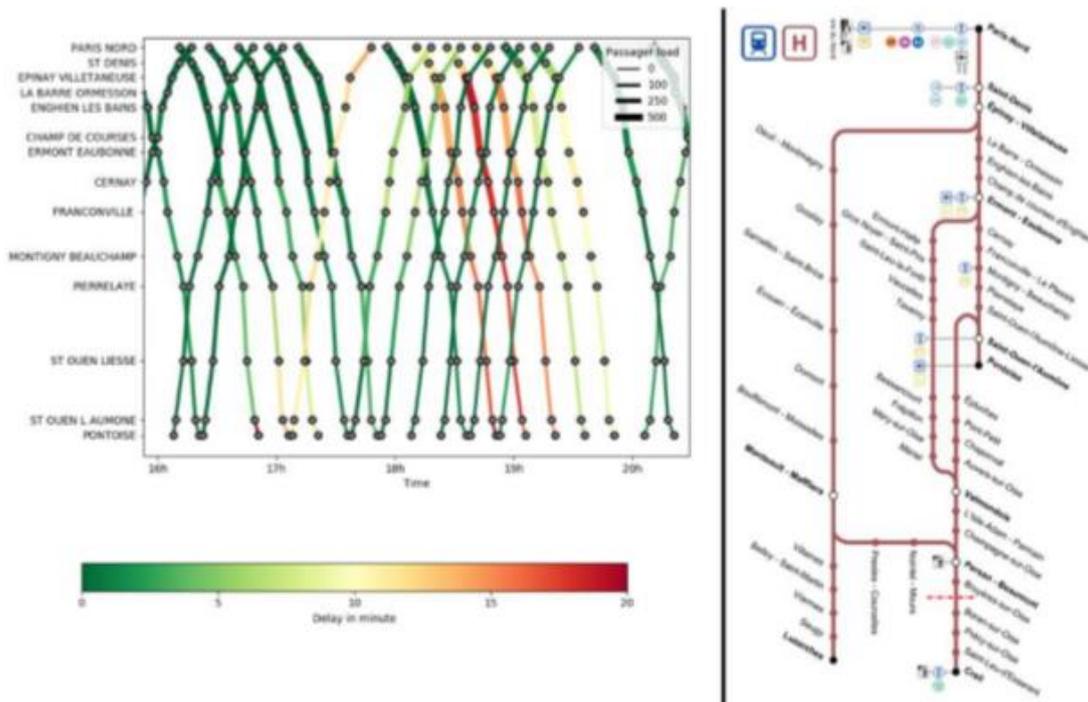


圖 4-1 SNCF 鐵路線其中一支線之班表及路線圖

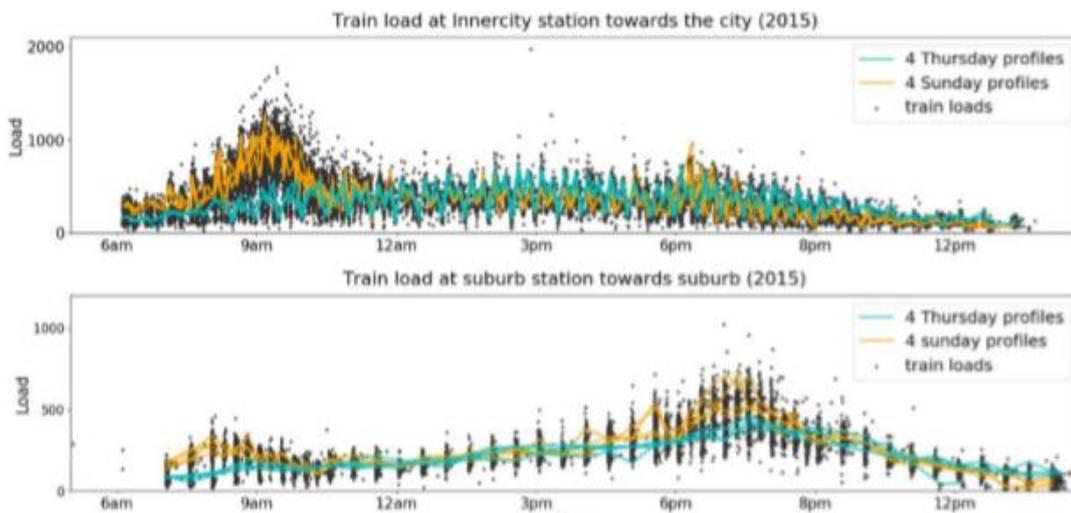


圖 4-2 所蒐集 2 個不同車站案例之旅客乘載量資料

#### 四、實驗結果與結論

本研究係依選定的 5 種模式之每個時間序列資料的實際值與預測值，分別計算其均方根誤差(root mean square error, RMSE)與權重絕對百分比誤差(weighted absolute percentage error, WAPE)，再進行其誤差績效比較，表 4.4 即為各種模式之預測誤差績效比較結果。最後模式之預測結果顯示，隨機森林(random forest, RF)與梯度提升決策樹(gradient boosting tree, XGB)模式等機器學習模型相較於其他模式對

於每一列車通過每一車站之旅客乘載量之預測績效，相對顯著。

表 4.4 各種模式對於郊區及城際車站乘載量預測績效比較

<i>Model</i>	<i>Suburb</i>		<i>Inner-city</i>	
	<i>WAPE</i>	<i>RMSE</i>	<i>WAPE</i>	<i>RMSE</i>
Train score				
LV	18.2	36.5	42.0	187.0
CA	13.9	29.2	26.3	121.8
XGB - CAL	12.55	25.8	14.0	77.8
XGB - CAL+TS	11.9	24.6	9.6	54.7
XGB - ST	8.4	28.0	8.4	59.7
XGB - ALL	<b>7.34</b>	<b>15.6</b>	<b>5.9</b>	<b>32.4</b>
Test score				
LV	23.9	46.8	46.0	205.0
CA	19.1	39.8	29.4	125.0
XGB - CAL	17.4	37.34	16.4	92.4
XGB - CAL+TS	16.8	36.3	12.6	74.0
XGB - ST	20.52	40.3	21.23	110.4
XGB - ALL	<b>16.0</b>	<b>33.8</b>	<b>12.1</b>	<b>71.2</b>

## 4.2 列車車輛指派與預測性維修排班之決策支援模式 (Decision Support Model for Rolling Stock Assignment and Predictive Maintenance Scheduling)

### 一、摘要

本文為國內臺灣大學土木研究所賴勇成教授暨其指導學生共同發表。列車車輛是鐵道系統中最昂貴和最必要的資產，因此，有效率的列車車輛運用是營運作業中最重要的目的。一個有效率的列車車輛指派計畫，包括運用路徑及維修作業的指派，應該依據需求(運用排班)及維修要求去設計指派計畫。先前的研究是採用定期維修(periodic maintenance, PM)策略去處理列車車輛指派問題，但將造成維修的間隔時間無法依列車車組彈性調整，亦即是列車車輛之可靠度差異將無法被掌握，因此本研究建議一個最佳化程序依據預測性維修策略(predictive maintenance strategy, PdM)和具體列車組可靠度模式來指派列車車輛到運用的路徑和維修模式。實證研究的結果顯示，所開發

的預測性維修流程能有效率地指派運用路徑和排班維修任務到每個列車組，且與只採定期維修(PM)策略相比降低 11%的總成本，故採用這個程序可幫助規劃者改善列車車輛運用的效率與可靠度。

## 二、列車車輛指派和維修問題

臺鐵(TRA)的列車車輛指派計畫，依據列車利用排班(需求)和維修要求，包括列車運用路徑與維修排班的指派。每一個運用計畫包含了一組運用路徑，每一個運用路徑確認理想的列車車型程和數量以滿足需求。另假如沒有特殊列車車輛，將會採用替代的車型，但由於有座位安排的差異，故模式中會有懲罰成本之設定。

表 4.5 呈現臺鐵系統通勤列車的維修規則，該規則包括 4 個等級—每日維修(daily maintenance, DM)、每月維修(monthly maintenance, MM)、轉向架維修(bogie maintenance, BM)、總體維修(general maintenance,GM)，這些定期維修(PM)等級皆需累積營運天數達到門檻才可辦理維修，且高等級的轉向架維修(BM)、總體維修(GM)因應需較長的維修時間及機廠空間，所以更需事先排定維修時程才可執行，至於低等級的每日維修(DM)及每月維修(MM)則需考量列車組的指派需求及維修地點、空間的限制才可辦理。先前的研究都考慮了定期維修(PM)的效率提升作法，但無法考慮具體列車組(trainset-specific)的可靠度問題，因此本研究將測試預測性維修策略(PdM)採用的可能性及其潛在效益。

表 4.5 臺鐵系統通勤列車的維修規則

Maintenance level (Abbr.)	Accumulative operating days	Maintenance location
DM	3 days	Rolling stock depot
MM	3 months	Rolling stock depot
BM	3 years	Workshop
GM	6 years	Workshop

## 三、方法論

當給定一組列車路徑，本研究建議以短期指派模式去處理每日維修(DM)及每月維修(MM)的列車運用和維修任務問題，依照相關文獻

顯示，two-parameter Weibull distribution 方法適合處理列車組之降解 (degradation) 問題，圖 4-3 即列示列車車輛指派規劃之步驟，其中 input 步驟是有關列車運用和維修任務之成本、可靠度及運用效率，而這些目標也會藉由模式處理最小化維修成本及列車運用失效的期望成本，得到求解結果。另外，藉由最小化每月維修(MM)成本也可確保列車運用效率，因為每月維修(MM)的頻率愈低，列車組的可用性就愈好。

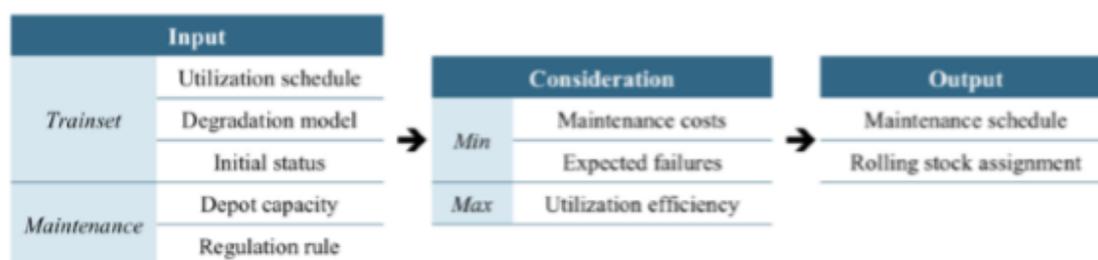


圖 4-3 列車車輛指派規劃步驟

為了處理可靠度評估結果釐清及指派維修任務給每一個列車運用吃緊的路段，本研究建構一個混合整數規劃模式(mixed-integer programming, MIP)，求解列車運用失效期望成本、營運損失期望成本、維修支出的最小化問題，模式架構如圖 4-4 所示。

#### 四、案例分析及結論

本研究之案例分析以臺鐵系統處理通勤電聯車之新竹機廠為分析對象，其中有 11 個多天列車運用路徑在運用排班作業中，其必須由 6 組 EMU500 和 40 組 EMU700 列車執行任務，表 4.6 即為新竹機廠通勤電聯車之列車運用路徑細部資訊，為了展現預測性維修策略 (PdM) 應用在每月維修(MM)之效益，本案例設定規劃期程至 180 天。表 4.7 則為不同維修策略下之維修指派成本比較，分析結果顯示，採用 PM+PdM 策略(每日維修 DM 透過固定固定維修規則門檻/每月維修 MM 採用預測性維修策略 PdM 策略)相較於只用定期維修(PM)策略(每日維修 DM 及每月維修 MM 在固定維修規則門檻下)，前者可有效降低維修之總成本，特別的是 PM+PdM 策略因考慮列車組之降解 (degradation) 模式，所以列車運用失效期望成本不同。這些降解 (degradation) 模式提供有關每一車組可靠度之額外資訊，以致最後的分析結果 PM+PdM 策略之維修成本減少 4.59%，其主要來自於

EMU700 列車組有較佳可靠度表現，所以每月維修 MM 之間隔時間拉長所致，而 PM+PdM 策略也因模式中考慮了可靠度及列車運用失效期望成本，所以其成本降低表現也優於只用定期維修(PM)策略。

由本論文之實證研究分析結果顯示，本研究所研發之預測性維修策略(PdM)程序能有效率地指派列車運用路徑，且相對於只用定期維修(PM)策略，可降低總維修成本超過 11%，故採用預測性維修策略(PdM)程序確實能協助規劃者改善列車車輛運用的效率及可靠度。

$$\text{Minimize} \\ c^D \sum_{v \in V} \sum_{k \in K} z_{v,k} + c^M \sum_{v \in V} \sum_{k \in K} r_{v,k} + F \sum_{v \in V} \sum_{k \in K} f_{v,k} + c^H \sum_{u \in U^0} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} q_{u,i,k} + W \sum_{v \in V} \sum_{k \in K} (d_{v,k}^A + d_{v,k}^B) \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{u \in U} q_{u,i,k} = 1 \quad \forall i \in I^T, k \in K^T \quad (2)$$

$$\sum_{v \in V^u} x_{i,v,k} = N_{u,i} q_{u,i,k} \quad \forall u \in U, i \in I^T, k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{i,v,k} \leq 1 \quad \forall v \in V, k \in K^T \quad (4)$$

$$(n-1)x_{i,v,k} = \sum_{h=1}^{n-1} x_{i+h,v,k+h} \quad \forall i \in I^0, v \in V, k \in K \quad (5)$$

$$d_{v,k}^A \geq d_{v,k-1}^A + \sum_{i \in I} P_i x_{i,v,k} - Mr_{v,k} - Mz_{v,k} \quad \forall v \in V, k \in K \quad (6)$$

$$d_{v,k}^B \geq d_{v,k-1}^B + \sum_{i \in I} P_i x_{i,v,k} - Mr_{v,k} \quad \forall v \in V, k \in K \quad (7)$$

$$d_{v,k}^A \leq D^A \quad \forall v \in V, k \in K \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I^A} x_{i,v,k} \geq z_{v,k} \quad \forall v \in V, k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{i \in I^B} x_{i,v,k} \geq r_{v,k} \quad \forall v \in V, k \in K \quad (10)$$

$$\sum_{v \in V} r_{v,k} \leq G \quad \forall v \in V, k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{k \in K} r_{v,k} \geq Q \quad (12)$$

$$r_{v,k} = r_{v,k+1} \quad \forall v \in V, k \in K^T \quad (13)$$

$$-M\theta_{v,k,s}^- + \frac{s-1}{P}\theta_{v,k,s}^+ \leq d_{v,k}^B \leq M\theta_{v,k,s}^- + \frac{s}{P}\theta_{v,k,s}^+ \quad \forall v \in V, k \in K, s \in S \quad (14)$$

$$\sum_{s \in S} \theta_{v,k,s}^+ = 1 \quad \forall v \in V, k \in K \quad (15)$$

$$\theta_{v,k,s}^+ + \theta_{v,k,s}^- = 1 \quad \forall v \in V, k \in K, s \in S \quad (16)$$

$$f_{v,k} = \sum_{s \in S} \theta_{v,k,s}^+ F_{v,s} \quad \forall v \in V, k \in K \quad (17)$$

$$d_{v,k}^A, d_{v,k}^B, f_{v,k} \geq 0 \quad (18)$$

$$r_{v,k}, x_{i,v,k}, z_{v,k}, \theta_{v,k,s}^+, \theta_{v,k,s}^- \in \{0, 1\} \quad (19)$$

圖 4-4 列車車輛指派與測性維修排班之混合整數規劃模式(MIP)模式

表 4.6 新竹機廠通勤電聯車之列車運用路徑資訊

Path No.	Required type	Required quantity	Accumulative operating days (day)	Operating frequency (days of occurrences)
E5	EMU500	1	1	Every day
E6	EMU700	2	3	Every day
E7	EMU700	2	3	Every day
E8	EMU700	2	2	Every day
E9	EMU700	2	4	Every day
E10	EMU700	2	3	Mon, Tue, Fri, Sat, Sun
E10_1	EMU700	2	2	Wed, Thu
E11	EMU700	2	2	Every day
E12	500/700	2	2	Mon, Tue, Wed, Thu, Sun
E12_1	500/700	2	1	Fri, Sat
E13	EMU500	1	1	Every day

表 4.7 不同維修策略下之維修指派成本比較

Model	PM-only	PM + PdM	% difference
Number of DMs	1433	1431	
Number of MMs before PM	18	12	
Number of MMs at PM	32	2	
Number of MMs after PM	0	32	
Expenditure on maintenance	311,750	298,070	-4.59%
Expected cost of failures	1,152,011	977,283	-17.87%
Total cost	1,463,761	1,275,353	-14.77%

# 伍、廠商展覽(Technical Exhibition)暨技術參訪(Technical Visits)

## 5.1 廠商展覽(Technical Exhibition)

本次會議之廠商展覽攤位係由各國鐵道公司負責贊助，共計有82個攤位(如圖 5-1 所示)，盛況空前(如圖 5-2 所示)，因參展鐵道公司相關資料甚為龐雜，茲因中國鐵道科學研究院集團有限公司(簡稱鐵科院)參加本次會議之代表團人員多達約 50 人，相關發表論文數量及研發技術亦相當豐富，爰謹以該公司之參展內容摘述介紹。

### LIST OF EXHIBITORS

G01	JR Group	B04-1	EAST JAPAN RAILWAY COMPANY
A01	Tokyo Metropolitan Government	B04-2	JR East Consultants Company
A02	Okabe Co., Ltd.	B05	MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
A03	TOKYU CONSTRUCTION CO., LTD.	B06	RAILWAY INFORMATION SYSTEMS CO., LTD.
A04	KAJIMA CORPORATION	B07	Transportation Technology Center, Inc. (TTCI)
A05	Mitsui Chemicals Industrial Products Ltd.	B08	International Union of Railways (UIC)
A06	TAIYO KOGYO CORPORATION	B09	SNCF
A07	BSI Group Japan K.K.	B10	Trenitalia
A08	KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.	B11	NSK Ltd.
A09	TETSUDO KIKI CO., LTD.	B12	Japan Railway Track Consultants CO., LTD.
A10	THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.	B13	JAPAN TRANSPORT ENGINEERING COMPANY
A11	IHI Corporation	B14	Shift2Rail Joint Undertaking (S2RJU)
A12	MEIDENSHA CORPORATION	B15	RAITO KOGYO CO., LTD.
A13	TOKYO PRINTING INK MFG. CO., LTD.	B16	Asahi KASEI Group
A14	ASSOCIATION OF RRR CONSTRUCTION SYSTEM	B17	China Academy of Railway Sciences Corporation Limited (CARS)
A15	Nisseiken, Inc.	B18	Knorr-Bremse Rail Systems Japan Ltd.
A16	SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.	B19	ITAKE CORPORATION
A17	Kyosan Electric Manufacturing Co., Ltd.	B20	IFSTTAR (French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks)
A18	Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation	B21	Australasian Centre for Rail Innovation (ACRI)
A19-1	FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.	B22	KURARAY CO., LTD.
A19-2	Maruwa Electronic Inc.	B23	Korea Railroad Research Institute (KRRRI)
A19-3	MATSUI KOZAI CO., LTD.	C01	TOBU Railway Co., LTD.
A19-4	MIRAPRO Co., Ltd.	C02	SEIBU Railway Co., LTD.
A19-5	NIPPON Steel Corporation	C03	Keisei Electric Railway Co., Ltd.
A19-6	NSK Ltd.	C04	Keio Corporation
A19-7	RIGAKU MECHATRONICS CO., LTD	C05	TOKYU RAILWAYS
A19-8	SUZUKI GOKIN CO., LTD.	C06	Keikyu Corporation
A20	Obayashi Corporation	C07	Sagami Railway Co., Ltd.
A21	OYO Corporation	C08	National Traffic Safety and Environment Laboratory (NTSEL)
A22	RENK Test System GmbH	C09	Odakyu Electric Railway Co., Ltd.
A23	Oriental Consultants Global Co., Ltd.	C10	Nagoya Railroad Co., Ltd.
A24	SHIMIZU CORPORATION	C11	Nishi - Nippon Railroad Co., Ltd.
A26	RSSB and the University of Birmingham	C12	International Railway Journal (IRJ)
A27-1	Daido Signal Co., Ltd.	C13	Osaka Metro Co., Ltd.
A27-2	SANKOSHA Co., Ltd.	C14	Kintetsu Railway Co., Ltd.
A28	NEC Corporation	C15	Keihan Electric Railway Co., Ltd.
A29	NIPPON SIGNAL CO., LTD.	C16	Hankyu Corporation
A30	MTS Systems Corporation	C17	FujiSankei Business i.
A31	Glenair, Inc.	C18	Railway Gazette International
B01	Hitachi, Ltd.		
B02	Hitachi Metals, Ltd.		
B03	Tokyo Metro Co., Ltd.		

圖 5-1 參展廠商名冊

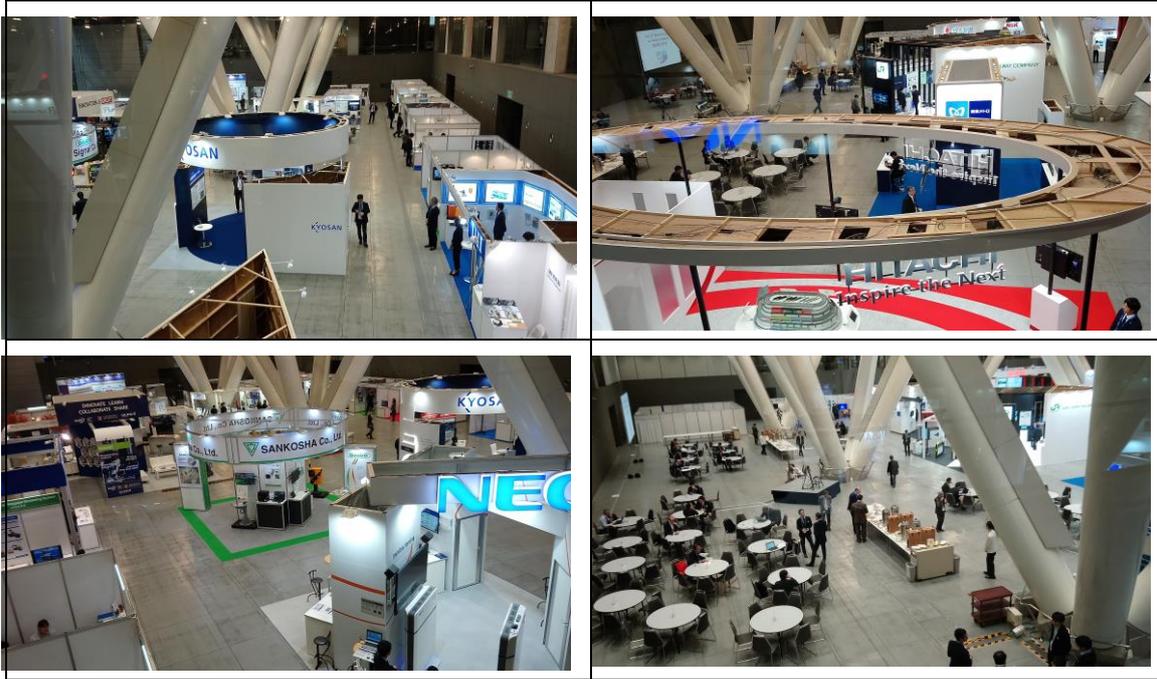


圖 5-2 廠商展覽攤位盛況

### 一、中國大陸鐵道科學研究院(China Academy of Railway Sciences, CARS)簡介

中國大陸鐵科院成立於 1950 年，2018 年改制為中國鐵道科學研究院集團有限公司，是中國國家鐵路集團有限公司的全資子公司及直屬的大型科技企業集團，是中國鐵行業唯一的多學科、多專業的綜合性科研機構。現有員工 9,000 餘人、17 個專業研究機構、55 個全資及控股公司，企業目標是開展鐵應用技術、前瞻技術、關鍵技術及基礎理論研究，承擔路網設備設施檢測、綜合試驗、產品認證、安全評估等行業性技術服務，推進科技創新成果產業化工程化。建設了環行軌道試驗線(試驗里程 47 公里)等 10 個國家級創新井臺，實現了經營效益的快速成長，為中國高速鐵路、重載鐵路、高原鐵路、高寒鐵路、智能鐵路的發展提供了全方位的科技支撐。



圖 5-3 中國大陸鐵科院鳥瞰圖

## 二、中國大陸鐵科院之科技創新

### (一) 高速鐵路關鍵技術

鐵科院自從 20 世紀 90 年代初開始進行高速鐵路關鍵技術研究，已具有深厚的技術基礎。近年來重點圍繞高速鐵路關鍵裝備自主化、高速鐵路綜合檢測和試驗技術等方面開展技術突破，取得了一系列創新成果，有力支撐中國高鐵的快速發展。

### (二) 重載鐵路技術

在重載列車制動技術、無線同步操縱技術、重載路基技術、75kg/m 軌道結構等主要領域取得一批重要研究成果，建立了具有完全自主知識產權 30 噸軸重的重載鐵路成套技術體系，有力推動了中國大陸之重載鐵路技術進入世界先進行列。

### (三) 高原鐵路技術

在高原鐵路技術領域，取得了一系列重要原創技術成果，為破解多年凍土、高寒缺氧、生態脆弱等三大世界性工程難題，保障青藏鐵路順利建成提供了技術支撐。目前已全面啟動川藏鐵路建設關鍵技術

研究。



圖 5-4 大秦鐵路重載實驗

#### (四)既有線提速技術

作為技術總體負責單位，全面參與中國大陸鐵路六次大面積提速工程，具體承擔技術方案編製、技術條件及試驗規程制定、關鍵技術攻關、綜合試驗檢驗等重要任務，系統掌握了既有線提速至時速 200 公里及以上成套技術。

#### (五)信息化、智能化技術

充分運用現代信息技術，研究提出中國大陸之智能鐵路總體技術方案，構建技術標準體系。在智能建造領域，開展鐵路 BIM 技術研究，搭建鐵路工程全生命周期管理平臺。在智能裝備領域，領先研製智能型復興號中國標準動車組，研發應用時速 350 公里自動駕駛技術。在智能運營領域，研發世界規模最大的鐵路客票系統及 12,306 個網站、貨運 95,306 個網站，研發中國鐵路大數據中心服務平臺、北斗七星導航應用服務平臺、智能客站大腦等。

#### (六)安全保障技術

緊密圍繞運轉安全需要，綜合運用大數據、雲計算、物聯網、移動互聯等現代信息技術，自主研發了車輛、機車、接觸網等安全監控系統，針對大風、暴雨、深雪、地震等自然災害及異物侵限的監控系統，系統開展安全運營規律、設備設施健康管理等重大課題研究，搭建鐵路安全應急平臺，不斷健全完善鐵路安全技防技術體系。



圖 5-5 中國大陸復興號動車組

#### (七)應用基礎理論研究

依靠眾多國家級科技創新平臺和專業實驗室，圍繞輪軌關係、弓網關係、減振降噪、金屬材料服役等領域持續開展基礎研究，取得了一系列研究成果，不斷深化對相關機理和規律的認識，為解決現場應用難題，提高技術可靠性和針對性提供了理論支撐。

#### (八)城市軌道交通技術

依靠鐵路綜合技術優勢和行業經驗，積極推進城市軌道交通技術創新，服務中國城市軌道交通行業發展。研發並掌握了城軌制動、牽引網絡、列控(CRTC)、旅客服務、車站安全門等系統的成套技術，以及城軌移動裝備和固定設施的檢測監測技術，在地鐵、中低速磁浮、跨座式單軌等不同制式的城軌交通領域得到成功應用。

## 5.2 技術參訪(Technical Visits)

WCRR 2019 主辦大會本次規劃包括車輛、設施及人因工程發展等共計 11 項技術參訪行程供與會者選擇，協辦單位包括：日本鐵道株式會社(JR Company)、獨立行政法人鐵道建設-運輸施設整備支援機構(Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency, JRJT)、東京地鐵公司(Tokyo Metro)及其他相關鐵道公司，這些行程提供參加者體驗高服務水準之日本鐵道於安全、效率、便利性和環境保護等面向之絕佳機會。茲就筆者參加第 11 項技術參訪行程—實驗機構 Experimental Facilities(RTRI)&票證預約系統 Ticket Reservation System (JR SYSTEMS)之相關內容，摘述介紹如后。

### 一、日本鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute, RTRI)

#### (一)參訪行程簡介

RTRI 有各種不同的鐵道實驗設施及配備，例如：列車車輛、結構、電力、軌道、號誌通訊及人工科學等實驗設施。

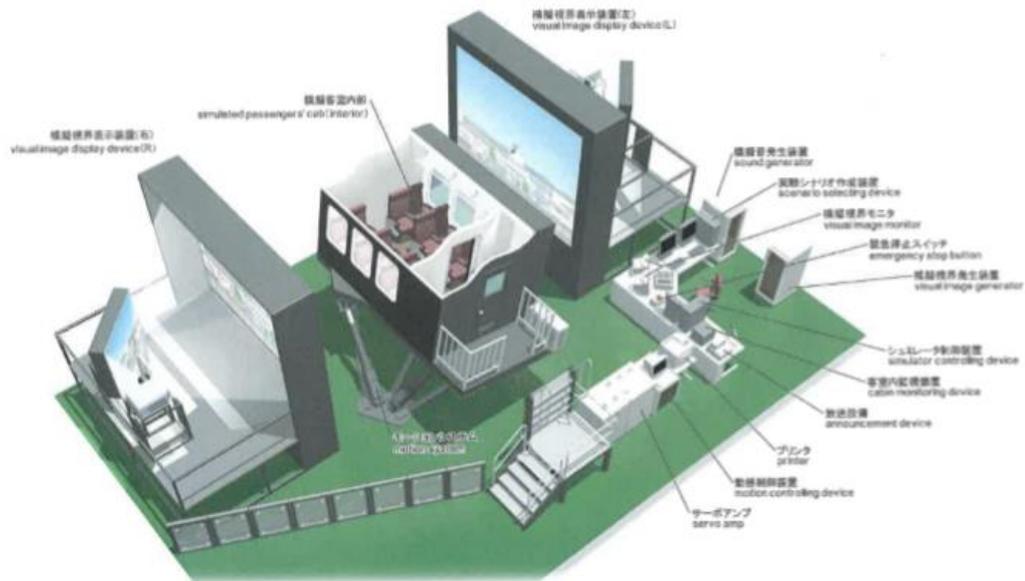
#### (二)乘坐舒適度模擬器(Ride Comfort Simulator)

RTRI 為提升鐵道列車車廂乘坐舒適度之相關技術，設立了乘坐舒適度模擬器(Ride Comfort Simulator)，如圖 5-6 所示，其藉由車廂模擬器蒐集振動、噪音、溫度、窗外景觀及其他各項環境因子，再模擬評估各因子對乘客舒適度之衝擊程度及改善策略成效。舒適度模擬器係具模擬列車振動之 6 軸動作控制系統，乘坐模擬器車廂所見之窗外景觀係由電腦成像(CG images)模擬呈現，模擬器亦可模擬彈性改變座位配置之各種列車型態。另該模擬器亦可結合包括列車車型、軌道狀況、隧道及橋梁等列車運轉條件之彈性安排，設定不同的模擬旅次情境。其各項細部之技術規格及模擬器內部配置如圖 5-7 所示。



圖 5-6 乘坐舒適度模擬器

	Motion range	Acceleration	Jerk	Frequency response
X	-360 ~ +410 mm	-4.9 ~ +4.9 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz
Y	-360 ~ +360 mm	-4.9 ~ +4.9 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz
Z	-370 ~ +440 mm	-4.9 ~ +4.9 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz
Roll	-14 ~ +14 °		3 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz
Pitch	-14 ~ +13 °		3 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz
Yaw	-13 ~ +13 °		3 m/s <sup>3</sup>	0 ~ 8 Hz



Ergonomics  
Human Science Division

圖 5-7 乘坐舒適度模擬器之細部技術規格及內部配置

## (二)鐵路軌道維修資料庫系統(Database System for Railway Track Maintenance)

列車運轉是否能有效控制軌道不平整及列車振動，以維持行駛之安全及乘客乘坐之舒適性，對營運單位而言極為重要。本系統係由 RTRI 的軌道科技部門所主導，並已研發及升級先前開發之 LABOCS 軟體系統(其功能係展示、分析各種軌道檢測資料，如圖 5-8 所示)，該資料庫系統針對軌道不平整及列車振動之檢測，可以圖表方式展現並儲存軌道排列、軌道結構等相關資料，也能分析及處理多樣的波形圖資料。鐵路軌道維修資料庫系統主要是使用「慣性中心弦抵銷方法」(the Inertial mid-Chord Offset Method)進行軌道資料之檢測蒐集，其主要功能如下：

1. 為衡量軌道不平整及列車振動之資料，本系統能儲存包括細部曲度、軌道區位結構及維修紀錄等軌道維修資訊。
2. 由於儲存的資料可由確切的區位來擷取，因此可分析軌道不平整、結構和列車振動間之關係，非常便利。
3. 可藉由列車振動資料計算乘載舒適等級。
4. 以 LABOCS 為基底的鐵路軌道維修資料庫系統可以客製化，依據每一個使用者需求而訂做系統。

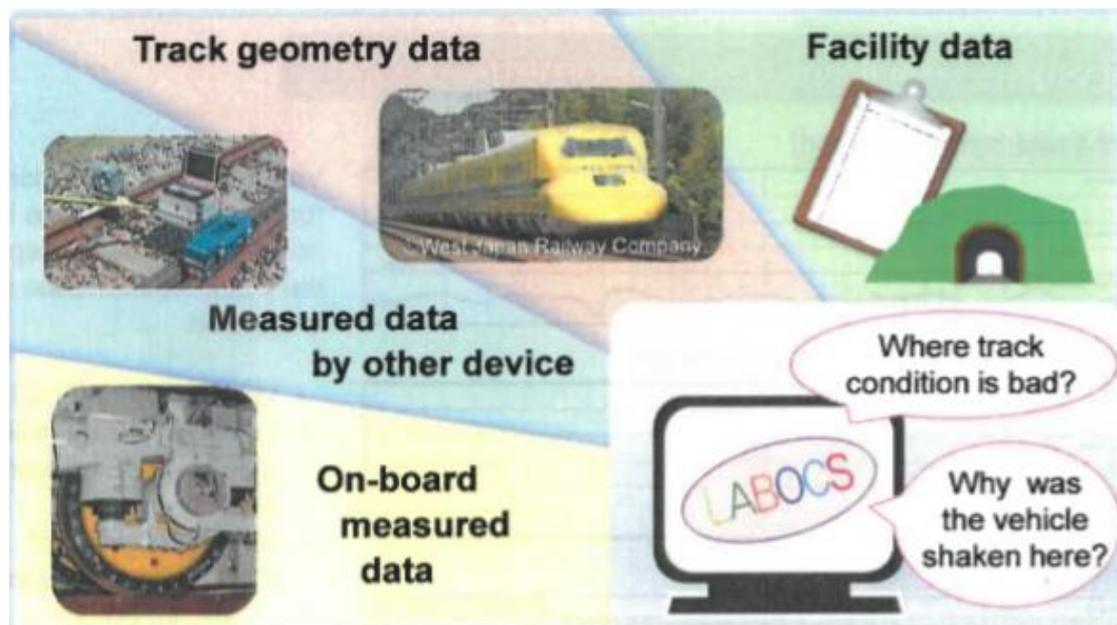


圖 5-8 LABOCS 軟體系統之意涵

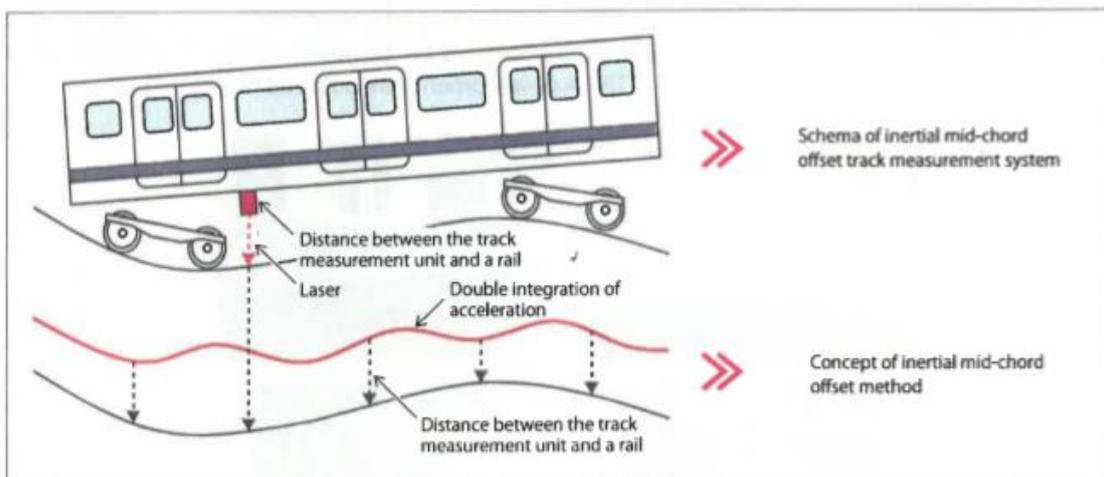
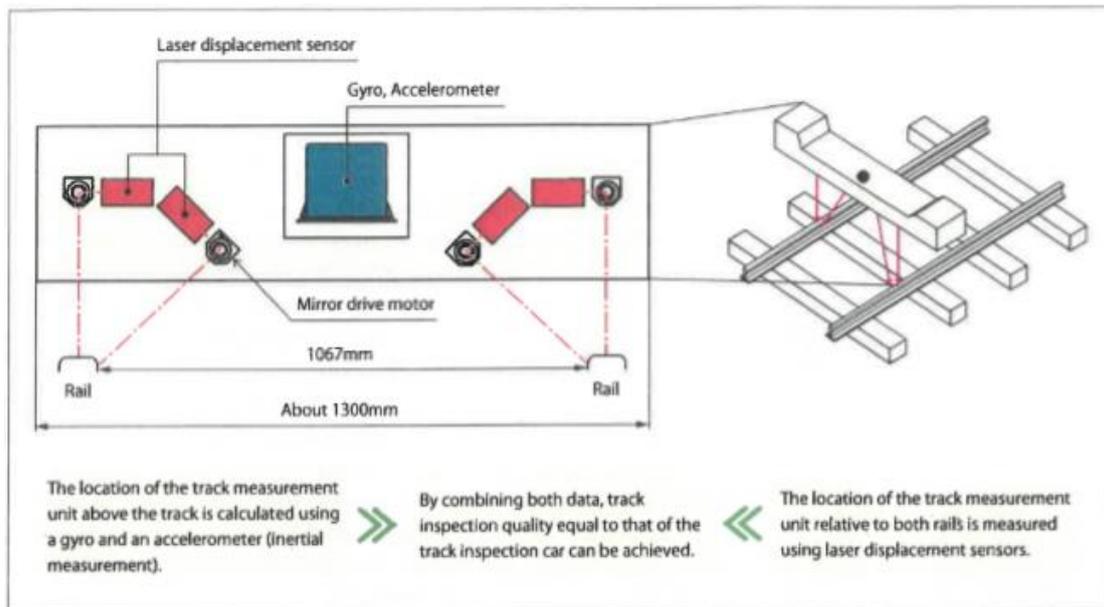


圖 5-9 使用「慣性中心弦抵銷方法」之鐵路軌道維修資料庫系統

## 二、鐵道資訊系統公司(Railway Information System, JR Systems)

### (一)公司使命

該公司使命為提供先進的資訊技術設計使日本社會的鐵道基礎設施更舒適、更可靠。該公司最重要產品是於 1960 年開啟的磁電自動訂票系統 (Magnetic-electronic Automatic Reservation System, MARS)，如圖 5-10 所示。該系統建置於 JR 鐵道株式會社的票務辦公室，是日本最大的線上即時售票訂位系統，其系統全年度的可靠度達 99.999%。

### (二) MARS 系統簡介

MARS 系統提供從車票預約到銷售相關的一系列服務功能，包括新幹線和特快列車的訂位、車票基本費率、通勤族 Passes、快車車票的費率計算。MARS 系統目前已連結到 10,000 個 JR 鐵道票務辦公室及旅行社的終端機，以及個別 JR 集團公司的線上系統，該系統每日連結的次數高達 8 百萬次，每日平均銷售超過 190 萬張車票。

### (三) MARS 終端機

目前 JR Systems 公司已經發展 3 種 MARS 系統的終端機(如圖 5-11 所示)，第 1 種是 MR 終端機，由票務辦公室的技術人員操作使用；第 2 種是 MV 終端機，是顧客面對使用的終端機，可提供 4 種語言服務；第 3 種是 MD 終端機，其可顯示目前最新的訂位餘票資訊。另該公司又引進輔助 MARS 終端機，它是一種連結車站中 MV 終端機的訂票引導系統，可遠端遙控，亦可輔助車站因應國外觀光客人數增加及身障人士訂票之特殊需求，可有效提升營運效率。



圖 5-10 MARS 系統

## MARS Terminals

JR Systems has developed three types of MARS terminals used by JR Group companies: the MR terminal, used by ticket office staff; the customer-facing MV terminal, which can be operated in four languages; and the MD terminal, which displays the latest information on reserved seat availability.

We have also introduced the Assist MARS terminal, a ticketing guidance system that connects MV terminals in stations with remote operators. This allows stations to meet the needs of growing numbers of overseas tourists and customers requiring disability accommodations, as well as to improve operational efficiency.



圖 5-11 MARS 系統終端機型

## 陸、心得與建議

長期以來國內對於交通建設之投資主要以公路系統為主，但由於土地資源有限，且鐵道系統具有高效率、低污染、對環境衝擊較小之特性，故我國確有發展鐵道系統之必要性。有鑑於此，近年來政府致力於規劃推動各項鐵道系統相關建設，包括各都會區捷運系統、高速鐵路系統、臺鐵系統改善工程(鐵路立體化、臺鐵捷運化、東部鐵路改善...)及地區輕軌建設等，期能均衡各種運輸系統使用，達到整體運輸系統之發展。值此我國積極發展鐵道系統計畫之際，本次出國計畫即希望藉由參加日本東京之第 12 屆世界鐵道研究會議(WCRR)之機會，除蒐集目前最新鐵道車輛相關技術資料暨增廣鐵道技術知能，亦與世界各國鐵道專業人士進行交流。茲就本次出國計畫執行內容，彙整摘述相關心得及建議如下：

### 6.1 心得

1.藉由主辦「世界鐵道研究會議」作為專業技術交流平臺之作法，值得效法

本次會議規模盛大，吸引約 30 個國家 1,000 名左右代表出席(500 名日本參加者、500 名其他國家參加者)，且多達約 380 篇技術論文發表，多達 82 個參展廠商(攤位)、約 135 個贊助廠商組織，且安排多達 11 項技術參訪行程，是一個可快速蒐集最新國際鐵道系統發展趨勢、專業技術及研究理論成果之場域，及交換彼此專業技術知識之重要平臺，且各項相關技術內容甚具廣度及深度，發表之論文及參訪行程所見內容，皆係各國鐵道專業人士最新之研究實驗技術及研發成果，非常值得作為我國軌道管理及營運機關(如臺鐵局、鐵道局、高鐵公司、捷運局、捷運公司)之相關技術研發改進參考，對研究單位及各國參加者都甚具教學相長之成效，只可惜臺灣地區僅有臺灣大學土木研究所賴勇成教授(暨其指導學生)與筆者與會，國內鐵道專業人士錯失一次快速汲取鐵道新知、技術交流之良機。

2.我國應儘速成立專業鐵道技術研究組織，迎頭趕上專業技能水準

本次會議係由日本鐵道綜合技術研究所(簡稱 RTRI)主辦，該研

究所係於1986年12月10日改制創立，多年來該研究所在車輛、土木、電氣、號誌、材料、環境和人因科學等基礎研究以及應用技術各個領域，經多年之努力經營耕耘，已在日本及國際上之鐵道技術領域扮演極重要地位。另中國大陸鐵道科學研究院近年配合城際高快速鐵道及一帶一路政策之發展需要，積極發展鐵道各項技術，成效卓著。但反觀國內，雖政府已成立財團法人鐵道技術研究及驗證中心，但各項研發動能仍不足，故如何急起直追，實為當務之急。

### 3.國內應重視重要鐵道基礎研發課題

本所自從民國92年即賡續辦理鐵道容量基礎研究，所辦理之鐵道容量系列研究至今已發展傳統區域鐵路(臺鐵系統)及都會捷運系統的軌道容量分析模式與軟體，並就該2系統之容量研究編訂臺灣鐵道容量手冊，除部分後續容量議題可再補強外(如末端站、維修機廠、號誌系統提升...等對容量之影響)，原則上已開發之鐵道容量模式皆能有效掌握臺鐵系統及都會捷運系統之供給容量，並深入分析影響其容量之關鍵要素及容量提升作法。另本所自107~108年開始辦理A、B型輕軌系統之容量分析研究，以因應目前國內各都會區之輕軌規劃推動計畫需要，惟由本次會議所發表論文廣涉鐵道技術之工程、營運、管理及政策等眾多相關議題顯示，皆與我國鐵道系統發展需要密切關係，仍亟待國內各界儘速盤點整理我國最待精進之研發課題，有計畫性地提升各項技術。

## 6.2 建議

### 1.藉由定期專業技術交流，加速推動暨整合鐵道研究及規劃技術

國內目前之鐵道研究及規劃工作，分屬於本所、中央及各地方政府之鐵道建設計畫主管機關，惟由於各自負責及推動之業務目的不同，雖已累積許多研究及規劃計畫辦理成果，但相關研究及規劃技術因缺乏充分交流精進，導致研究規劃及研發技術較無法有效累積及提升。反觀此次日本鐵道綜合技術研究藉主辦「第12屆世界鐵道研究會議」大型國際會議之機會，除可與世界各國專業人士進行技術交流，亦可整合鐵道相關領域之技術經驗及議題共識，對其國家本身之

鐵道技術實力提升亦助益甚深，相關作法經驗甚值得我們學習，爰值此國內積極推動鐵道產業發展之際，建議可由中央鐵道主管機關協同法人機構共同建立鐵道專業技術交流平臺，定期辦理國內外專業技術交流會議，相信必能加速我國鐵道專業水準之提升。

## 2. 確立專責鐵道技術研究單位，儘速累積專業研發技術能量

由本次參加「第 12 屆世界鐵道研究會議」之心得感想，鄰近之日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)及中國大陸鐵道科學研究院(CARS)之鐵道專業研發技術能量，令人印象深刻，其除既有行政部門外，皆下設有車輛構造技術、車輛控制技術、構造物技術、電力技術、軌道技術、防災技術、信號情報技術、材料技術、鐵道力學、環境工學、人因科學、磁浮列車系統等專業技術研究部門，專司各專業技術領域之實驗研究工作，分工縝密完整。國內目前雖尚未具日本、中國大陸如此龐大之鐵道市場需求，但因仍有許多鐵道建設計畫待執行，亟需鐵道技術專業研究、規劃及相關專業技術之累積。惟雖然政府已於 108 年 10 月 29 日核定於交通部轄下設立「財團法人鐵道技術研究及驗證中心」(簡稱鐵研中心)，但預計需於 112 年始能開始運作，爰建議可仿倣日本及中國大陸之作法，由主管機關儘速思考預為因應鐵道技術研究及專業技術研發能力提升之問題，並於鐵研中心下設專責鐵道技術研究單位及研發中心，整合國內各研究單位之研究成果，並加速累積專業研發技術能量。

## 3. 積極整合建置國內鐵道營運機關之營運服務系統

此次「世界鐵道研究會議」有許多營運服務系統相關技術論文及系統研發成果發表，例如：磁電自動訂票系統(Magnetic-electronic Automatic Reservation System, MARS)、基礎設施之狀態基準維修系統(Condition-Based Maintenance of Infrastructure, CBM)等，鑑於國內臺鐵、高鐵、捷運、輕軌等系統路網逐漸擴大，亟需整合其訂票及無縫轉乘營運之功能，並健全列車設備之預防性狀態維修機制，以維其輸運調度能量，爰有關上述國外發展成熟之營運服務系統，皆非常值得國內鐵道營運機關儘速學習相關技術。

## 參考文獻

- 1.第 12 屆世界鐵道研究會議網站，<https://wcr2019.org/>暨大會手冊
  - 2.日本國土交通省網站，<http://www.mlit.go.jp/>
  - 3.日本鐵道綜合技術研究所網站，<https://www.rtri.or.jp/>
- 財團法人鐵道技術研究及驗證中心